PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 4. 15. November 1901. 3. Jahrgang.
Redaktionsschluss für No. 5 am 21. November 1901.

INHALT.

Originalmitteilungen:
Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa: No. 11: F. Maccarone, Ein Messapparat für die Erscheinungen der dielektrischen Polarisation. S. 57.
B. Davis, Über eine kürzlich entdeckte Erscheinung, welche durch stehende Schallwellen hervorgerufen wird. S. 59.
C. Schall, Über die Zähigkeit einiger Lösungen, welche sich aus organischen Substanzen zusammensetzen. S. 62.
Vorträge und Diskussionen von der 73. Naturforscherversammlung zu Hamburg:
W. Nernst, Über die Bedeutung elektrischer Methoden und Theorien für die Chemie. S. 63.
O. Kammerer, Die Erhaltung der Energie vom Standpunkte des Ingenieurs. S. 70.
H. Geitel, Über die durch atmosphärische Luft induzierte Radioaktivität. S. 76.
R. Wachsmuth, Die innere Wärmeleitung in Flüssigkeiten. S. 79.
Nachtrag zum Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1901/02. S. 80.
Briefkasten. S. 80.
Personalien. S. 80.
Berichtigungen. S. 80.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Mitteilungen aus dem physikalischen Institute der Universität Pisa. (Direktor: A. Battelli). No. 11[1]): F. Maccarone, Ein Messapparat für die Erscheinungen der dielektrischen Polarisation.

In letzter Zeit ist vielfach über die Frage der Hysteresis und der dielektrischen Viskosität debattiert worden.

Ich habe einen Apparat herstellen lassen und benutzt, mit dem ich in einer rasch zum Ziel führenden Weise

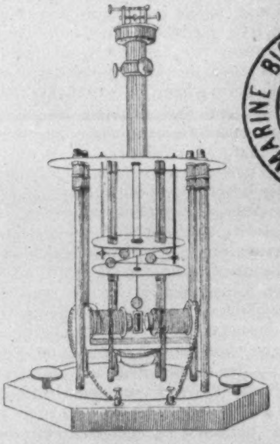
1. die Polarisation der Dielektrika und
2. jene Art der dielektrischen Viskosität, welche dieselben daran verhindert, der Veränderung des elektrischen Feldes ohne Verzögerung zu folgen,

vorführen und messen konnte.

Der Apparat kann ferner zeigen, dass Dielektrika, die aus dem elektrischen Felde herausgenommen werden, jede Spur von Polarisation verlieren, oder, dass in ihnen kein dem remanenten Magnetismus analoges Phänomen oder Hysteresis im engeren Sinne vorhanden ist.

Der wesentliche Teil meines Apparates, den man eine dielektrische Polarisationswage nennen kann, sind zwei gleiche, vollkommen ebene, horizontale Kreisscheiben aus Messing, die in der Mitte ein einige Centimeter grosses Loch haben (Fig. 1). Mittels Glassäulen werden sie von zwei anderen Kreisscheiben, einer unteren aus Zink und einer oberen aus Messing gehalten, die beinahe einen doppelt so grossen Durchmesser als die ersteren haben.

Die grossen Kreisscheiben sind durch vier Eisenstäbe miteinander verbunden; die obere von ihnen ist durch vier Paar Mutterschrauben aus Messing beweglich gemacht und man kann also innerhalb ausgedehnter Grenzen die Entfernung der beiden mittleren Kreisscheiben voneinander verändern. An der oberen von diesen Mittelscheiben ist eine Messingröhre festgemacht, die von einem gradierten Kopf abgeschlossen wird, der sich um die Achse der Röhre herumdrehen kann. Dieser Kopf trägt, bifilar aufgehängt, einen Glasbalken; an seinen äussersten Enden sind, in derselben Weise, wie ich sie zum Studium der dielektrischen Eigenschaften des Glases verwendete, zwei gläserne Kreisscheiben (mikroskopische Deckgläser) befestigt (Fig. 1), die in der nämlichen Vertikal-



MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY MASS.

ebene, die auch durch die Aufhängungsachse hindurchgeht, hängen.

Indem man die Länge der bifilaren Aufhängung in passender Weise verändert, stellt man die Centren der Kreisscheiben stets in die Ebene, welche in der Mitte zwischen den beiden kleineren Messingscheiben sich befindet.

In welcher Stellung sich besagte Kreis-

1) No. 10: Diese Zeitschrift **3**, 17, 1901.

scheiben nun auch immer befinden mögen, wenn der gradierte Kopf entsprechend gedreht wird, stets bleiben zwei andere gläserne Kreisscheibchen fest; jede von diesen wird von einem Arm getragen, der aus zwei Stücken, einem horizontalen aus Glas und einem vertikalen aus Messing besteht, und der von der obersten Kreisscheibe ausgeht. Die Stellung der beiden Armstücke ist durch geeignete Druckschrauben gesichert und man kann eines jeden Länge verändern; dadurch wird die Einstellung der festen Kreisscheibchen in die gewünschte Position sehr leicht gemacht. Die Winkelverschiebungen der bifilaren Aufhängung werden mit Spiegelablesung beobachtet; es dient dazu ein kleiner Spiegel, der mit den beweglichen Kreisscheiben unbeweglich verbunden ist mittels eines vertikalen Glasstäbchens, das durch das Centrum der unteren der beiden mittleren Kreisscheiben mitten hindurch geht.

Für diese Art von Versuchen muss die Bewegung der Wage vollkommen aperiodisch sein; ich konnte dies in befriedigendster Weise mit magnetischer Dämpfung erreichen: an den Balken, der den Spiegel trägt, habe ich eine rechteckige Scheibe aus dünnem Kupfer befestigt. Diese bewegt sich im magnetischen Felde eines Elektromagneten, der, was die Form anlangt, eine Nachahmung von dem von Lord Kelvin bei seinem Siphon recorder benutzten ist. Reguliert man nun die Intensität des Stromes, der den Elektromagneten erregt, so kann man die Bewegung der Aufhängung aperiodisch machen, und braucht nicht zu befürchten, dass der Apparat träge wird, weil man die magnetische Dämpfung zu sehr vergrössert hat.

Das Gewicht der ganzen bifilaren Aufhängung beträgt 0,608 g. Der ganze Apparat ist mit einer Glasglocke zugedeckt, unter der zwei Gläser mit konzentrierter Schwefelsäure zur Vermeidung von Isolationsfehlern stehen. Oben in der Glocke ist ein Loch, aus dem ein Teil der Messingröhre und der gradierte Kopf herausragt; eine seitliche Öffnung trägt eine Linse; diese sammelt die Strahlen einer Glühlichtlampe, kondensiert sie auf den Spiegel und projiziert den Glühfaden auf einer durchsichtigen Skala, die sich in einer Entfernung von etwa 8 Dezimeter befindet. In der nämlichen Öffnung befindet sich eine Elektrode, die in eines der mit Schwefelsäure gefüllten Gläser eintaucht und dazu dient, die Verbindung von einer der centralen Messingscheiben nach aussen hin herzustellen; die andere (obere) Mittelscheibe und der ganze Apparat ist mit dem Boden verbunden.

Ich verwendete den Apparat vorteilhaft folgendermassen: Ich bringe die erwähnte Elektrode mit dem Hebel eines Sabineschen Entladungsschlüssels in Verbindung; die beiden anderen Klemmschrauben des Schlüssels sind die eine mit dem Boden, die andere mit der inneren Belegung einer Batterie von neun grossen Leydener Flaschen in Verbindung gebracht; letztere werden von einer Töplermaschine geladen. Ein nach den Angaben von Lombardi[1]) in sehr einfacher Weise hergestelltes Elektrometer — eine Messingplatte, die bifilar zwischen zwei vertikalen Metallplatten aufgehängt ist — dient dazu, mir zu zeigen, wann die Ladung der Batterie die für die Versuche geeignete Stärke erreicht hat.

Ich lasse nun den Hebel des Schlüssels herab und, nachdem auf diese Weise ein ausreichend gleichförmiges und konstantes elektrisches Feld um die kleinen Glasscheiben herum hergestellt ist, beobachte ich eine stets wachsende Abstossung derselben, die ihr Maximum erst nach beträchtlicher Zeit erreicht.

Ich stelle nun die Verbindung des Hebels — und damit der beiden Mittelscheiben des Apparates — mit dem Boden wieder her, und beobachte nun, dass das Bild des Glühfadens nur ganz langsam in die Ruhelage zurückkehrt; zuweilen erreicht er sie erst nach einigen Minuten.

Als Beispiel folgen hier die Daten, die ich bei einem von vielen mit demselben Apparat ausgeführten Versuchen erhalten habe. Er ist ausgeführt worden, nachdem ich die Belegung der Batterie auf die Potentialdifferenz von einigen zwanzigen von elektrostatischen Einheiten gebracht hatte. Die Ablesungen auf der Skala wurden von 5 zu 5 Sekunden gemacht.

I. Ablenkungen nach Herstellung des Feldes:

Zeit:	0	5	10	15	20	25	30 Sek.
Ablenkung des Spiegels:	0	26	32	35	36,5	37	37

II. Ablenkungen nach Abstellung des Feldes:

Zeit:	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50 S.
Ablenkung	37	25	18	13	9	6	4	2,5	1,5	1	0,5.

Am Schlusse aller Versuche, nach längerer oder kürzerer Zeit, befindet sich der Spiegel stets in der Anfangsstellung, was uns zeigen kann, dass in den Dielektra kein dem remanenten Magnetismus analoges Phänomen vorhanden ist, in anderen Worten, dass keine eigentliche Hysteresis existiert. Das Moment der Abstossung M zwischen jedem Scheibenpaar kann durch die Formel

$$M = I^2 \varphi(\delta)$$

dargestellt werden; I ist das Mass der Polarisation der Substanz im Moment der Ablesung, und $\varphi(\delta)$ eine geeignete Funktion der Ablenkung δ, die unabhängig von den elektrischen

1) Lombardi, Fenomeni di polarizzazione e misura di differenze di potenziale. In: Mem. R. Acc. delle Scienze di Torino, ser. 2a, vol. 45.

Elementen, die in den Versuch hereinspielen, beobachtet wird.

In der That verhält sich ein polarisiertes Dielektrikum wie ein Körper, auf dessen Oberfläche eine Elektrizitätsschicht verteilt ist, deren Dichte gleich der Projektion der Polarisation auf die Normale der Oberflächen, oder gleich

$$\sigma = I \cos \Theta,$$

hier bezeichnet Θ den Winkel, den die Normale der Oberfläche des Dielektrikums mit der Richtung der Polarisation bildet.

Die gegenseitige Potentialenergie von zwei Stücken eines Dielektrikums, von denen eins auf das andere wirkt, wird ausgedrückt durch

$$W = -\int\int \frac{\sigma_1 \sigma_2}{r} dS_1 dS_2$$

$$= -\int\int \frac{I_1 I_2 \cos \Theta_1 \cos \Theta_2 dS_1 dS_2}{r},$$

dS_1 und dS_2 bedeuten das Oberflächenelement von jedem der beiden Stücke des Dielektrikums und r ihre Entfernung.

Der Einfachheit halber kann man voraussetzen, dass sowohl I_1 als I_2 sich äusserst wenig von einer gemeinsamen Grösse I entfernen, die unabhängig von dem in Betracht gezogenen Oberflächenelement ist.

Diese Hypothese ist streng, wenn jedes Stück des Dielektrikums die Form eines Ellipsoids hat, in welchem Fall die Polarisation im Innern des Dielektrikums absolut gleichmässig ist; in unserem Falle ist sie zulässig mit derselben Annäherung, mit der man bei dieser Art von Erscheinungen eine Kreissscheibe mit einem stark abgeplatteten Ellipsoid zu vergleichen pflegt. Mit Hilfe dieser Hypothese erhält man:

$$W = -I^2 \int\int \frac{\cos \Theta_1 \cos \Theta_2}{r}{}^2 dS_1 dS_2.$$

Das Integral des zweiten Gliedes wird jetzt Funktion nur von den Parametern, welche die wechselseitige Lage der beiden dielektrischen Kreisscheiben feststellen, oder Funktion von δ. Es folgt daraus, wie oben festgestellt ist, dass der Moment $M = \frac{dW}{d\delta}$ der Stossungskraft zwischen jedem Scheibchenpaar von der Form $M = I^2 \Phi(\delta)$ ist.

Die Bestimmung der Funktion $\Phi(\delta)$ kann man experimentell, von einem konstanten Faktor abgesehen, ausführen, indem man das polarisierende elektrische Feld unverändert hält und δ dadurch verändert, dass man den gradierten Kopf, der die Aufhängung trägt, um kekannte Winkel dreht. Man kann auch zur Bestimmung des konstanten Faktors vorschreiten; ich unterlasse es jedoch, die übrigens ganz einfachen Operationen zu beschreiben, die zu dieser Bestimmung führen, um nicht in einen Gegenstand herein zu geraten, den ich nächstens ausführlich zu behandeln gedenke. Ich möchte nur bemerken, dass meine Wage, da diese Bestimmung möglich ist, sich zur Messung der dielektrischen Konstante jeglicher Substanz, von der man vier gleiche Fragmente haben kann, geeignet ist.

(Aus dem Italienischen übersetzt von H. Rhumbler.)

(Eingegangen 7. Oktober 1901.)

Über eine kürzlich entdeckte Erscheinung, welche durch stehende Schallwellen hervorgerufen wird.[1])

Von Bergen Davis.

Dieser Aufsatz soll einen Beitrag zur Aufklärung einer neuen Erscheinung liefern, welche zum ersten Male beschrieben wurde im Amerik. Journ. of science **10**, 231, 1900, und wovon ein Auszug in der Physikalischen Zeitschrift **2**, 348, 1901 erschienen ist.

Wie früher mitgeteilt, hat der Verfasser gefunden, dass ein kleiner, an einem Ende geschlossener Hohlcylinder, wenn er in eine stehende Schallwelle eingeführt wird, das Bestreben hat, sich quer zur Welle senkrecht zu den Stromlinien in der Richtung des geschlossenen Endes zu bewegen.

Eine lange Orgelpfeife wurde gebaut, deren eine Seite von Glas war, und welche einen verschiebbaren Verschluss hatte, durch den man die Länge der Welle nach Belieben verändern konnte. Die Pfeife hatte $6{,}7 \times 5{,}5$ cm im Querschnitt und eine Mundöffnung von 3 cm Höhe. Eine dünne Gummimembran war quer durch die Pfeife, 16 cm von der Mundöffnung entfernt, angebracht. Die Pfeife wurde so angeblasen, dass sie auf ihren ersten Oberton ansprach. Der Verschluss wurde in solche Lage gebracht, dass der Wellenknoten mit der Membrane zusammenfiel, so dass der Teil der Pfeife zwischen Membran und Verschluss eine halbe stehende Wellenlänge umfasste. In diesen geschlossenen Raum wurden nacheinander andere Gase als Luft eingeleitet. Wenn ein anderes Gas als CO_2 oder Wasserstoff eingeleitet war, ward der Verschluss so verschoben, dass die Tonhöhe dieselbe blieb. Eine Hilfspfeife diente dazu, den Ton festzuhalten.

Der Teil der Pfeife hinter der Membran enthielt so immer eine halbe Wellenlänge, während der Wellenteil zwischen Membran und Mundöffnung in seiner Gestalt nicht verändert wurde. Die Lage von Mundöffnung und

1) The Physic. Review **13**, 31, 1901.

Membran blieb konstant, was für ein Gas auch angewendet wurde. Die Kraft mit welcher die Cylinder sich zu bewegen strebten, wurde mit Hilfe einer Torsionswage gemessen. Durch eine geeignete mechanische Vorrichtung konnte man diese Torsionswage in jeden gewünschten Punkt der Schallwelle einführen. Die halbe Wellenlänge in Luft war 54 cm, bei Anwendung anderer Gase ungefähr umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus ihren Dichten.

Drei von den angewendeten vier kleinen Cylindern waren hergestellt aus Gelatinekapseln, wie sie zu medizinischen Zwecken verwendet werden; die vierte, grösste, war aus Papier gemacht.

Die Dimensionen dieser Cylinder sind in Tabelle I gegeben.

Tabelle I.

	Durchmesser cm	Querschnitt qcm	Länge cm
Nr. 5	0,421	0,14	1,3
Nr. 2	0,575	0,26	3,1
Nr. 00	0,794	0,495	3,1
Papiercylinder	1,15	1,04	3,1

Diese Cylinder wurden nacheinander an dem Arm der Drehwage befestigt mitten in dem Bauche der Schallwelle, und dann wurde die Pfeife unter verschiedenem Drucke angeblasen, welcher an einem Quecksilbermanometer abgelesen werden konnte. Die gewonnenen Ablesungen sind in folgender Tabelle enthalten, nachdem sie auf die gleiche Flächeneinheit = 1 cm² umgerechnet wurden.

Tabelle II.

	Grade der Ablenkung.			
bei Druck von	Cyl. Nr. 5	Cyl. Nr. 2	Cyl. Nr. 00	Papiercylinder
1 1/2	20	22	10	86
2	66	64	89	46
3	198	215	320	176
4	362	306	410	354
5	460	409	550	620
6	530	500	690	639
7	644	610	750	745
8	715	714	830	820
9	811	780	920	969
10	862	834	1000	1090
11	898	891	1030	1220
12	925	907	1055	1318
13 1/2	928	923	1080	1360
15	927	923	1060	1260
16	Oberton.			

Es ist zu erkennen, dass für niedrige Drucke die kleinen Cylinder am meisten erregt werden. Der Cylinder Nr. 00 zeigte die grösste Erregung für mittlere Drucke, während der Papiercylinder bei den höchsten Drucken am stärksten erregt wurde.

Die Verschiedenheit der Erregung längs der Welle wurde folgendermassen bestimmt. Zwei Cylinder No. 2 wurden angewendet und die Angaben in dem Zwischenraume von Knoten zu Knoten gewonnen. Die Abstände wurden auf einer längs der Pfeife angebrachten Centimeterskala abgelesen, deren Nullpunkt mit der Membrane zusammenfiel. Die Pfeife wurde mit einem gleichmässigen Drucke von 3 cm Quecksilbersäule angeblasen. Die Resultate giebt die folgende Tabelle.

Tabelle III.

Platz längs der Pfeife.	Ablenkung.
0	0
6	36
11	79
16	148
21	185
25	194
27	198
29	190
32	173
35	145
39	102
42	73
48	25
54	0

Diese Tabelle ist graphisch dargestellt in Fig. 1.

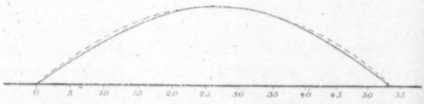


Fig. 1.

Die Abszissen sind die Stellungen längs der Welle und die Ordinaten sind die Quadratwurzeln aus den Ablenkungen. Die vollausgezogene Linie ist die beobachtete Kurve und die gestrichelte Linie ist eine Sinuskurve. Die Übereinstimmung ist so genau, dass man sagen kann, die Quadratwurzeln der Ablenkungen sind proportional den Schwingungselongationen.

Die Verminderung in der Torsionskraft mit dem Drucke des Anblasens wurde beobachtet, als der geschlossene Raum der Pfeife mit verschiedenen Gasen gefüllt wurde. Die Gase wurden nacheinander in die Pfeife eingelassen und der Verschluss in jedem Falle so verschoben, dass die Pfeife im Einklang mit der anderen Pfeife tönte, welche den Normalton angab. Die Schallwelle in CO_2 war kürzer, die im Leuchtgas etwas länger, hingegen die im Wasserstoffgas viel länger als die in gewöhnlicher Luft.

Bei den Versuchen mit Wasserstoffgas wurde infolge der kleinen Anblasedrucke ein Wassermanometer angewendet und dessen Angaben hinterher auf die entsprechenden Werte eines

Quecksilbermanometers umgerechnet. Die erzielten Daten sind in Tabelle IV aufgeführt.

Tabelle IV.

Angew. Druck. cm	Grade der Ablenkung in Luft.	Leuchtgas.	CO_2.	in Wasserstoff Druck. cm	Ablenkung.
1	9	5	12	1,22	1,3
$1^1/_2$	69	45	90	1,47	3,8
2	195	120	290	1,62	10,9
	u. s. f.			u. s. f.	
14	1500	Oberton	1260	2,50	Oberton.
15	1570	—	1250		
16	Oberton		1350		
	u. s. f.				
22			Oberton.		

Diese Tabelle ist graphisch wiedergegeben in Fig. 2, mit dem Anblasedruck als Ordinaten

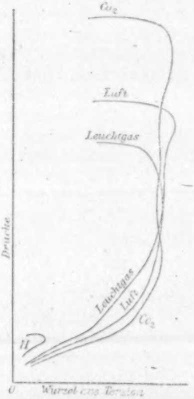


Fig. 2.

und den Quadratwurzeln der Ablenkungen als Abszissen. Weil nun die Amplituden der Schwingungen direkt proportional den Quadratwurzeln aus der Ablenkung sind, stellen die Kurven die Beziehungen zwischen Anblasedruck und Schwingungsamplituden in den verschiedenen Gasen dar.

Die Energie, mit welcher die Pfeife angeblasen wurde, war proportional dem Quadrate des Druckes. Die Energie des Tones ist proportional dem Quadrate der Schwingungamplitude.

In Fig. 3 ist dargestellt die Beziehung zwischen dem Quadrate des Anblasedrucks und der Ablenkung in den verschiedenen Gasen. Dieses sind die Wirkungsgradkurven der Orgelpfeife. Die Ordinaten stellen dar die Energie, welche in die Pfeife geblasen wurde, und die Abszissen die Energie, welche in Schall verwandelt wurde. Der Druck des Maximums des Wirkungsgrades (der Druck an der

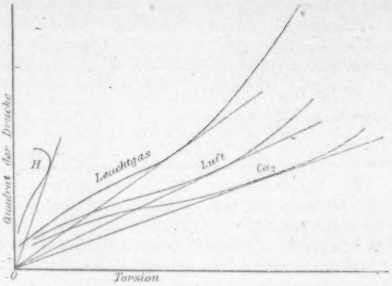


Fig. 3.

Berührungsstelle der Tangenten) ist nahezu derselbe für alle Gase.

Die Ablenkungen bei diesem Drucke des Maximums des Wirkungsgrades sind in folgender Tabelle wiedergegeben, die Angaben für Luft und ebenso deren Dichte als Einheit genommen:

Tabelle V.

	Ablenkung.	Dichte des Gases.
Luft	1	1
CO_2	1,53	1,52
Leuchtgas	0,71	0,75
Wasserstoff	0,153	0,069

Bei anderen Anblasedrucken war die Ablenkungskraft nicht proportional den spezifischen Gewichten.

Die Kraft, die auf den Cylinder wirkt, hat ihren Ursprung in der Beziehung, welche zwischen der Geschwindigkeit, dem Drucke und dem spezifischen Gewicht eines Gases besteht. Bernouillis Gleichung bestimmt für diesen Fall

$$\int \frac{dp}{\varrho} = R - \tfrac{1}{2} U^2.$$

R kann in diesem Falle vernachlässigt werden, und durch Substitution der adiabatischen Gasgleichung und Integration wird folgende Gleichung erhalten:

$$U^2 = 2 \frac{p_2 - p_1}{\varrho}.$$

P_2 und p_1 sind die Drucke innen und aussen am geschlossenen Ende des Cylinders. Die Kraft, welche durch die Drehwage gemessen wurde, ist eine Durchschnittszahl aller momentanen Werte, welche aus der Geschwindigkeit U resultieren; daher wird die Kraft nicht den Durchschnittswert von U direkt angeben. Um die Schwingungsamplitude zu erhalten, bezeichnen wir mit A das Maximum des Ausschlags und mit x den Ausschlag zur Zeit t, dann ist

$$x = A \cos nt, \text{ und}$$

$$\frac{dx}{dt} = U = -A\,n\,\sin nt, \text{ also}$$

$$p_2 - p_1 = \frac{\int \frac{1}{2}\,\varrho\,n^2\,A^2\,\sin nt \cdot dt}{\int dt},$$

woraus

$$A = \frac{T}{\pi}\sqrt{\frac{p_2 - p_1}{\varrho}}.$$

Die Maximalkraft, in Luft erhalten, war 68,25 Dymen auf den Quadratcentimeter. Die Schwingungszahl der Pfeife war 338 in der Sekunde, also $A = 0{,}216$ cm. Der Gesamtausschlag der Luftteilchen betrug $2A = 0{,}432$ cm.

(Aus dem Englischen übersetzt von H. Karstens.)

(Eingegangen 22. Oktober 1901.)

Über die Zähigkeit einiger Lösungen, welche sich aus organischen Substanzen zusammensetzen.

Von C. Schall.

Der Koeffizient der inneren Reibung derartiger Lösungen ist bisher weit weniger als derjenige wässriger untersucht worden und meistens nur in Bezug auf die bekannte Mischungsregel.

Bezeichnet ϑ die Temperatur, η den Reibungskoeffizienten eines derartigen Lösungen zugehörigen Lösungsmittels und hat man $\eta = f(\vartheta)$ (1), so gilt nach G. Jäger (Wien. akad. Ber. B CIII, Abt. IIa, 245), wenn Δ die Gefrierdepression einer mittels des Lösungsmittels bereiteten Lösung bedeutet, zunächst $\eta_\Delta = f(\vartheta + \Delta)$ (2). Aus theoretischen Vorstellungen heraus wird aus (1) und (2) die Ungleichung $\eta - \eta_\Delta = <$

$$f'(\vartheta) - \frac{\Delta^2}{2} f''(\vartheta) - \frac{\Delta^3}{3} f'''(\vartheta) - \ldots \quad (3)$$

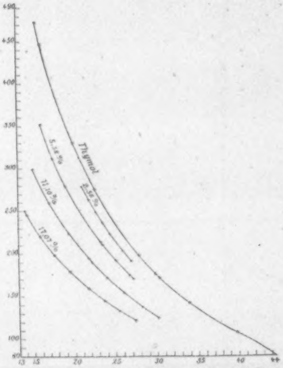
abgeleitet. Eine 8,419%ige wässrige Jodkaliumlösung mit $\Delta = 2{,}000^0$ ergab nach (3) für letzteres folgende Werte, unter Einsetzung (hier und weiterhin) der, auf gleiche Druckwerte reduzierten Ausflusszeiten für η und η_Δ.

ϑ	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0	40^0	50^0
Δ[1])	$2{,}04^0$	$1{,}72^0$	$1{,}29^0$	$1{,}09^0$	$1{,}67^0$	$1{,}50^0$	$2{,}00^0$	$0{,}56^0$

Ähnlich verhielten sich andere Salze.

Lösungen aus organischen Substanzen (ev. mit Wasser als Komponente) und mit hinreichend grossem Reibungskoeffizienten des Lösungsmittels gegenüber dem Gelösten ergaben andere Resultate. — Unter Verwendung der Brodmann'schen Formel (Wied. Ann. N. F. **48**, 188) als Gl. (1) S. 1 für $5{,}9 = u$% Wasser aufweisendes Glyzerin[2]) und vorausgesetzt,[1]) dass für ein y% mehr oder weniger Wasser und dazu noch x% Methyl- (oder Äthylalkohol oder Aceton) enthaltendes Glyzerin gelte $\eta_\Delta = f(\vartheta_1 \pm \Delta y + \Delta x) = f(\vartheta_1 + \Delta z)$, fand ich (mit Van Rijn) eine, im Vergleich zu den Δ-Werten der eben angeführten Tabelle, unerwartete Konstanz der Δz.[2])

Es sollten ferner Lösungen in unterkühltem Thymol untersucht werden, indem für letzteres nach Brodmann oder nach Slotte gebaute Formeln die Abhängigkeit der betreffenden Reibungswerte von der Temperatur auszudrücken erlaubten. Unter Verwendung eines Ostwaldschen Apparates, mit welchem schon Guye und Friedrich (Bull. soc. chim. Paris (3) **19**, 164) Werte von η in sehr guter Übereinstimmung



mit den von Thorpe und Rodger gefundenen Zahlen erhielten, wurden die auf gleichen Druck reduzierten Durchflusszeiten bestimmt. Weitere, diesbezügliche Angaben sind schon veröffentlichten Untersuchungen über 4,06%ige Lösung von Äthylvalerat und 5,58%ige von Amylpropionat in Thymol zu entnehmen.[3]) Erstere ergab:

ϑ	$15{,}61^0$	18,45	21,17	21,23	24,50	27,50	30,10	32,95
Δ	$2{,}58^0$	2,50	2,55	2,57	2,54	2,64	2,59	2,53
ϑ	36,20	39,65						
Δ	2,48	2,50.						

Das arithmetische Mittel der Δ beträgt $2{,}548^0$, während sich auf Grund der, aus der Schmelzwärme zu 85^0 ermittelten und experimentell zu 83^0 gefundenen, molekularen Gefrierdepressionen für Thymol[4]) $2{,}66^0$ bez. $2{,}59^0$ berechnen.

Amylpropionat, für welches sich die Erniedrigung des Erstarrungspunktes in Thymol über-

1) Früher gegebene Werte (Zeitschr. phys. Chem. **23**, 330) durch Interpolation ermittelt.

2) So dass $\eta = f(\vartheta + \Delta_u) = f(\vartheta_1)$.

1) Auf Grund der Theorie der Lösungen.

2) l. c. **23**, 329.

3) l. c. **29**, 423; z. B. auch die Reinheit der benutzten Präparate.

4) W. Nernst, Theor. Chem. II. Aufl., 152; Eykuan l. c. **4**, 497.

einstimmend mit den soeben erwähnten, molekularen Werten fand, zeigte bezüglich der Reibung wie angegeben, untersucht für 2,58 — 5,58 — 11,10 — 17,07 %ige Lösungen in erwähntem Phenol:

										Ber. aus mol. Gefr. Depr.
ϑ	20,80°	21,70	22,60	23,50	24,40	25,60	26,94			
Δ	1,53°	1,50	1,48	1,48	1,42	1,42	1,47			1,52° und 1,49°
ϑ	15,75°	18,29	19,10	20,91	23,33	23,50	25,13	26'79	27,26	
Δ	3,25°	3,17	3,17	3,12	3,15	3,16	3,15	3,17	3,16	3,29° „ 3,22°
ϑ	14,75°	16,93	19,25	21,70	23,94	26'05	28,10	30,09		
Δ	6,52°	6,53	6,45	6,40	6,33	6.28	6,22	6,06		6,55° „ 6,40°
ϑ	13,72°	14,03	15,74	17,64	19,47	21,74	23,63	25,48	27,30	
Δ	10,36°	10,38	10,34	10,09	10,05	9,89	9,82	9,70	9,57	10,08° „ 9,84°

Mit steigender Temperatur nehmen die Δ deutlich ab. Nach diesen Versuchen, denen sich schon veröffentlichte mit 5,04 und 9,4 %iger Amylpropionat- und 3,70 %iger Äthylacetatlösung anfügen, welche zum Teil bis zu 48,6° geführt sind, kann man schliessen, dass innerhalb eines bestimmten Temperaturintervalls für Ester in Thymol mit einer gewissen Annäherung Gl. (2) — gelten wird, Ungl. (3) sich in eine Gleichung umwandelt.

Löst man andere Körper als Ester, von gleichfalls geringer Reibung gegenüber der des Thymols, in letzterem, z. B. Toluol (3,94 %) oder ausgefrorenes Nitrobenzol (7,74 bez. 15,42 %), so erhält man hinsichtlich des ersteren eigentümlicherweise Δ um etwas mehr als 1/3 des berechneten Wertes grösser, aber sehr konstant bez. ϑ, so dass Gl. (2) und (3) ungültig sind. Da Toluol und Thymol jedes den Benzolkern und eine Methylgruppe in der Molekel aufweisen, so kann indessen hier an eine Einwirkung des Gelösten auf das Lösungsmittel gedacht werden. Eine noch eingehender auszuführende Gefrierpunktsbestimmung deutete in der That auf ein etwas unregelmässiges Verhalten. — Die Nitrobenzollösungen, in letzter Hinsicht noch nicht untersucht, zeigten auf Grund der Durchflusswerte ein etwas zu kleines Δ gegenüber dem berechneten. — Löst man aber umgekehrt Thymol (4,42 % und 9,48 %) in gereinigtem Nitrobenzol, so ergiebt sich, unter Zugrundelegung der mol. Depression (70,7° bez. 69,5° l. c.) des letzteren wiederum eine ähnliche Übereinstimmung zwischen den beiden Δ (der Gefrierpunktserniedrigung und der reduzierten Durchlaufszeit) wie bei den Estern. Da in diesem Falle die Zähigkeit der Lösung Thymol in Nitrobenzol grösser ist als diejenige des Solvens Nitrobenzol (also umgekehrt wie bei den Estern), so wurde in Gl. (2) das Δ mit negativem Vorzeichen versehen.

Eine graphische Versinnbildlichung der mit Amylpropionatlösungen erhaltenen Resultate zeigt Fig. 1 (ϑ-Werte als Abszissen, die gleichem Drucke entsprechenden Zeiten als Ordinaten).

Zürich, phys. chem. Laborat. d. Universität.

(Eingegangen 22. Oktober 1901.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 73. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU HAMBURG.

W. Nernst (Göttingen), Über die Bedeutung elektrischer Methoden und Theorien für die Chemie.[1])

Die elektromagnetische Lichttheorie hat einen in jeder Hinsicht bündigen Beweis dafür geliefert, dass die Erscheinungen des Lichtes, die man ja bekanntlich seit langem auf Wellenbewegungen zurückführt, ihrem Wesen nach elektrische Phänomene sind, oder dass mit anderen Worten ein prinzipieller Unterschied zwischen den Lichtschwingungen und den elektrischen Schwingungen nicht besteht. Damit ist nun in der That die Optik geradeso ein Spezialkapitel der Elektrizitätslehre geworden, wie es der Magnetismus seit langem war. Die Frage nach dem Wesen der Elektrizität bleibt trotzdem aber im grossen und ganzen dieselbe, wie vorher.

Wenn in der anschaulichen Sprache der Atomistik die Chemie als die Wissenschaft von der Bildung der Moleküle überhaupt aus den Atomen und von ihrem Zerfall in die Atome bezeichnet werden kann, so beschäftigt sich die Elektrochemie mit dem Werden und Vergehen elektrisch geladener Moleküle, die man nach Faraday kurzweg als Ionen bezeichnet, da nun in zahlreichen chemischen Reaktionen die Ionen eine bereits klar erkannte Rolle spielen und da in vielen anderen ihre Mitwirkung, wenn auch noch nicht sicher, so doch wahrscheinlich ist, so springt die Bedeutung der Elektrizitätslehre auch für

1) Zweite allgemeine Sitzung, Freitag 27. Septbr. 1901.

die reine Chemie, nicht nur für die Elektrochemie in die Augen; alle elektrischen experimenmentellen Methoden und alle theoretischen Erwägungen aus der Elektrizitätslehre, die auf die Ionen Anwendung finden, sind der Chemie bereits von Nutzen oder können es werden.

Nun ist es eine wichtige Erfahrungsthatsache, dass gerade das Wasser zahlreiche gelöste Stoffe in Ionen zu spalten vermag; dadurch ist dies Lösungsmittel für die Elektrochemie nicht nur, sondern für die Chemie überhaupt von der allergrössten Bedeutung. Es ist übrigens kaum daran zu zweifeln, dass auch die fundamentale Rolle des Wassers im thierischen und pflanzlichen Organismus auf verwandte Ursachen zurückzuführen ist. Wahrscheinlich hängt das eigenartige Verhalten des Wassers mit seiner hohen Dielektrizitätskonstante zusammen, welche in der That diesem Lösungsmittel eine ganz besondere Stellung zuerteilt. Jedenfalls ist es von vornherein klar, dass in den experimentellen Methoden der Elektrochemie die wässerigen Lösungen die vielseitigsten und bequemsten Versuchsobjekte sind.

Wenn wir also nunmehr dazu übergehen wollen, die wichtigsten elektrischen Methoden der Chemie kurz zu charakterisieren, so wissen wir bereits, dass es sich hierbei immer um Ionen handeln wird. Bei der Behandlung dieser Frage ergab sich nun das von vornherein anschauliche Resultat, dass bei der Untersuchung der Ionen alle Methoden anwendbar sind, die über den Bau der gewöhnlichen elektrisch neutralen Moleküle uns zu unterrichten sich eignen; man kann Molekulargewichtsbestimmungen und Konstitutionsbestimmungen an den Ionen genau so ausführen, wie an den gewöhnlichen Molekülen. Dazu aber treten als neu und eigenartig diejenigen Methoden hinzu, welche sich an die elektrische Ladung der Ionen wenden, und dieses sind eben die elektrischen Methoden der Chemie. Ich glaube, dass der vorstehende einfache Satz die vollständige Systematik der elektrochemischen Forschungsmethode enthält.

Wenn wir also z. B. ein Salz in wässeriger Lösung untersuchen wollen, so werden wir zunächst durch Anwendung der van't Hoff-Avagadroschen Regel das Molekulargewicht bestimmen können; hierdurch allein werden wir in vielen Fällen, wie Arrhenius, der Begründer der modernen Anschauung über die elektrolytische Dissoziation, zuerst gezeigt hat, über Menge und Art der Ionen, in welche das Salz zerfallen ist, Auskunft erhalten, besonders wenn wir damit das Heranziehen chemischer Analogien verbinden; in den meisten Fällen sind ja, wie Hittorf schon in seinen klassischen Arbeiten nachwies, die chemischen Radikale mit den Ionen identisch, und über die Natur dieser Radikale giebt das allgemeine chemische Verhalten des Salzes in der Regel hinreichenden Aufschluss. Wie schon bemerkt, stehen uns aber auch spezifisch elektrische Methoden zur Verfügung, und indem wir einerseits von der Thatsache Gebrauch machen, dass die Ionen unter dem Einfluss elektrischer Kräfte zu wandern vermögen, und dass andererseits die elektromotorische Kraft zwischen Metall und der Lösung durch Natur und Menge von Ionen bestimmt wird, gewinnen sowohl Messungen der elektrischen Leitfähigkeit wie solche der elektromotorischen Kraft ihre Bedeutung auch für die rein chemische Forschung.

Dank den Arbeiten von Friedrich Kohlrausch ist die Bestimmung der Leitfähigkeit von Lösungen zu einem hohen Grade von Einfachheit und Sicherheit gebracht worden. Ein kleines Induktorium, eine Wheatstonesche Brücke, ein Widerstandskasten, ein Telephon und ein mit Elektroden versehenes Glasgefäss bilden das ganze physikalische Rüstzeug, dessen man zur Bestimmung der Leitfähigkeit bedarf. Einen umfassenden Überblick über die Anwendungen dieser Methode für die Chemie ist hier zu geben nicht der Ort; aber an einem Beispiele, das durch die Arbeiten von Ostwald hervorragende Wichtigkeit gewonnen hat, möchte ich wenigstens ihr Wesen veranschaulichen.

Dass in wässeriger Lösung die verschiedenen Säuren sehr verschiedene Stärke besitzen, ist eine längst bekannte chemische Thatsache; ihre wissenschaftliche Formulierung gelang jedoch erst in neuerer Zeit mit Hilfe der Ionentheorie und der Lehre von der chemischen Massenwirkung. Alle Säuren liefern nämlich in Wasser aufgelöst eine mehr oder minder grosse Menge der positiv geladenen Wasserstoffionen; die allen Säuren gemeinschaftlichen und daher spezifisch sauren Reaktionen sind nun eben Reaktionen des Wasserstoffions. Nach dem Gesetze der chemischen Massenwirkung aber reagiert eine Molekülgattung, gleichgültig, ob elektrisch neutral oder geladen, um so energischer, je höher ihre Konzentration ist, und somit ergiebt sich einfach, dass eine Säure um so stärker spezifisch sauer reagiert, je mehr Wasserstoffionen sie enthält. Da man nun mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit am einfachsten und genauesten die Menge der Wasserstoffionen einer in Wasser gelösten Säure ermitteln kann, so erkennen wir, wie die Messung der elektrischen Leitfähigkeit uns über die Stärke einer Säure und somit über eine wichtige Seite ihres chemischen Verhaltens Aufschluss giebt.

In komplizierteren Fällen, besonders bei der Untersuchung der sogenannten komplexen Salze, tritt der Leitfähigkeitsmessung die Untersuchung der Ionenwanderung ergänzend an die Seite; indem man die zu untersuchende Lösung elektrolysiert und die mit der Verschiebung der Ionen verbundenen Konzentrationsänderungen an den Elektroden bestimmt, lässt sich die Frage ent-

scheiden, ob ein Element oder Radikal mit dem Strome oder dem Strome entgegen wandert; in ersterem Falle befindet es sich in einem positiven, im zweiten Falle in einem negativen Ion. Bereits Hittorf zeigte bei seinen grundlegenden Messungen der Überführungszahlen, dass auf diesem Wege häufig die Frage leicht entschieden werden kann, ob man ein typisches oder ein sogenanntes komplexes Salz vor sich hat.

Während die Leitfähigkeit einer Lösung durch die Summe der Leitfähigkeiten aller darin vorhandenen Ionen bedingt wird, und somit, besonders in komplizierten Fällen, in denen eine grössere Anzahl verschiedener Ionen in der Lösung vorhanden ist, die Deutung der Versuchsergebnisse nicht ganz einfach wird, liefert die Bestimmung der elektromotorischen Kraft die Menge von einer ganz bestimmten Ionenart, weil die Spannung der Elektroden ausser von ihrer eigenen Beschaffenheit in wässerigen Lösungen nur noch von der Konzentration der Ionenart abhängt, welche die betreffende Elektrode in die Lösung entsendet. Der Apparat, der für die Ausführung dieser Messungen erforderlich ist, bietet in seiner Handhabung ebenfalls, wie bei der Messung der Leitfähigkeit, keine besonderen Schwierigkeiten; ein empfindliches Galvanometer oder Elektrometer, ein Normalelement und ein Widerstandskasten sind in den meisten Fällen zur Ausführung der Messung vollkommen ausreichend.

Bestimmen wir also etwa die elektromotorische Kraft eines Silberdrahtes gegen eine Lösung, so vermag diese Messung uns Aufschluss zu geben über die Menge der Silberionen, die in der Lösung vorhanden sind, und zwar liegt es in der Natur der Formel, welche die elektromotorische Kraft und die Konzentration der Silberionen verbindet, dass die prozentische Genauigkeit unabhängig von der Menge der in der Lösung vorhandenen Silberionen ist. Man ist daher in der Lage, Konzentrationen von einer Kleinheit noch relativ sicher zu bestimmen, wie sie wohl auf keinem anderen Wege, z. B. auch nicht durch die Hilfsmittel der Spektralanalyse unter den günstigsten Bedingungen, gemessen werden können.

Auch hier muss ich mich darauf beschränken, an einem Beispiele die Anwendbarkeit dieser Methode zu erläutern. Das Wasser ist in reinem Zustande ein fast völliger Nichtleiter der Elektrizität; es ist mit andern Worten nur zu einem äusserst kleinen Bruchteile in seine Ionen, das Wasserstoffion und das Hydroxylion, zerfallen. Da von diesen Ionenarten das eine für die Säuren, das andere für die Basen typisch ist, so ist das Wasser gleichzeitig saurer und basischer Natur, d. h. es ist gleichzeitig eine schwache Säure und eine schwache Basis. Für zahlreiche chemische Reaktionen des Wassers war es nun von Wichtigkeit, die Stärke der sauren und der basischen Funktionen des Wassers kennen zu lernen, und es mussten zu diesem Zwecke die sehr kleinen Mengen von Wasserstoffionen bestimmt werden, die in einer neutralen oder besser alkalischen Lösung vorhanden sind. Ostwald und Arrhenius lösten gleichzeitig und unabhängig diese Aufgabe, indem sie die elektromotorische Kraft einer mit Wasserstoff beladenen Platinelektrode, die lediglich von der Konzentration der Wasserstoffionen abhängt, bestimmten und daraus die gesuchte auserordentlich kleine Konzentration der Wasserstoffionen ermittelten. —

Die bisher besprochenen elektrischen Methoden sind gleichsam Sonden, die der Forscher an chemische Verbindungen anzulegen und mit Hilfe deren er sie sozusagen abzutasten vermag. Die Elektrizität giebt aber auch Mittel an die Hand, durch die man, wie mit einem scharfen Werkzeuge, die chemischen Verbindungen zerschneiden kann; dieses Hilfsmittel ist das erste, das die elektrochemische Forschung erbracht hat, nämlich die Elektrolyse. Vermöge der elektrolysierenden Kraft des galvanischen Stromes ist man ja im stande, auch die festesten Verbindungen mit Leichtigkeit in ihre einfacheren Bestandteile aufzulösen.

Der Mechanismus der Elektrolyse ist überaus einfach und durchsichtig; ein Strom, der einen Elektrolyten durchfliesst, führt die positiven Ionen zur einen, die negativen Ionen zur anderen Elektrode, und zwar findet diese Wanderung der Ionen, wie schon oben auseinandergesetzt, unter dem Einfluss des elektrischen Zuges statt, der von den entgegengesetzt geladenen Elektroden auf die Ionen ausgeübt wird. Bei hinreichend starker Ladung der Elektroden, d. h. bei hinreichender elektromotorischer Kraft des elektrolysierenden Stromes gelangen die Ionen an beiden Elektroden zur Abscheidung; indem sie an die Elektroden ihre elektrische Ladung abgeben, gehen sie in gewöhnliche, d. h. elektrisch neutrale Moleküle über, welche dem elektrischen Zuge nicht mehr unterliegen und demgemäss entweichen können. Der eigentlich primäre Vorgang in der Elektrolyse ist also nichts anderes, als der Übergang elektrisch geladener Ionen in elektrisch neutrale Molekülarten, und die Arbeit, welche der Strom bei der Elektrolyse zu leisten hat, besteht also in erster Linie darin, den Ionen ihre elektrischen Ladungen zu entreissen, und zwar gleichzeitig den positiven Ionen ihre positive Elektrizität an der einen, den negativen Ionen ihre negative Elektrizität an der anderen Elektrode. Diese Arbeit ist nun aber um so grösser, je höher die an den Elektroden wirkende elektromotorische Kraft ist, und da wir letztere bei geeigneter Versuchsanordnung beliebig zu steigern im stande sind, so erkennen wir, dass kein Ion seine Ladung so stark zu binden vermag, dass wir nicht durch hinreichend

starken elektrischen Zug sie den Ionen zu entziehen imstande wären. Mit Hilfe des Stromes können wir dementsprechend die stärksten chemischen Kräfte überwältigen.

Während bei der Elektrolyse der galvanische Strom chemische Verwandtschaften löst, wird bei dem umgekehrten Phänomen, der galvanischen Stromerzeugung, chemische Energie in elektrische umgesetzt. Auch der Mechanismus dieser Vorgänge ist mit Hilfe der Ionentheorie und der Theorie des osmotischen Druckes in neuerer Zeit, wie ich glaube, klargestellt worden. Die Auflösung des Zinks z. B. in einem galvanischen Elemente ist im Prinzip ähnlich der Auflösung irgend einer beliebigen Substanz in einem Lösungsmittel; das Eigentümliche, was bei der Auflösung des Zinks noch hinzukommt, besteht lediglich darin, dass hier, wie bei den Metallen überhaupt, nicht elektrisch neutrale Moleküle in Lösung gehen, sondern dass es sich dabei um Ionen handelt. Dadurch aber ist notwendig mit der Auflösung des Zinks eine elektrische Verschiebung verbunden, die unter geeigneten Versuchsbedingungen als geschlossener galvanischer Strom in Erscheinung tritt.

Aber auch wenn man ohne besondere Vorkehrung Zink oder ein anderes Metall in Säuren löst, ist damit ein elektrischer Vorgang untrennbar verbunden; von dem Zink werden Zinkionen in die Säure entsandt, während gleichzeitig die chemisch und somit auch elektrisch äquivalente Menge von Wasserstoffionen umgekehrt aus der Lösung zum Zink übertritt, um nach Abgabe der Ladung als elektrisch neutraler Wasserstoff zu entweichen. Genau so, wie für die Elektrolyse die Spannungsdifferenz an den Elektroden massgebend ist, wird auch dieser chemische Prozess, wie in zahlreichen neueren Arbeiten gezeigt wurde, ausschliesslich durch die elektrische Potentialdifferenz zwischen Metall und Lösung bestimmt.

Der primäre Vorgang bei der Auflösung eines Metalls unter Wasserstoffentwicklung besteht also in der Abgabe der positiven Ladung des Wasserstoffions an das betreffende Metall. Leiten wir etwa Chlor in die Lösung eines Jodids, so wird gewöhnliches Jod in Freiheit gesetzt und das Chlorion tritt an die Stelle des Jodions; auch hier besteht der chemische Prozess also wesentlich in einer Dislokation einer elektrischen Ladung, und zwar handelt es sich bei diesem Beispiele um eine negative Ladung. Nach aussen verrät sich, wie es in der Natur dieser Erscheinungen liegt, die elektrische Natur dieser Prozesse nicht weiter; elektrostatische Ladungen oder galvanische Ströme treten dabei nicht auf. Wohl aber lässt sich die Richtung, in der solche chemischen Umsetzungen stattfinden müssen, aus den Ionenpotentialen ableiten.

Schon daraus, dass das Phänomen der Elektrolyse in der Spaltung selbst der festesten chemischen Verbindungen besteht, wird es klar, dass bei chemischen Verbindungen elektrische Kräfte eine wichtige Rolle spielen; im einzelnen haben wir überdies soeben gesehen, dass bei manchen chemischen Prozessen der primäre Vorgang in einer Dislokation elektrischer Ladungen besteht. Damit tritt denn zugleich die Frage an uns heran, ob nicht etwa die chemischen Kräfte überhaupt elektrischer Natur sind.

Ehe wir darüber Betrachtungen anstellen, inwieweit die Forschung in das äusserst hypothetische Gebiet der Natur der chemischen Affinität zur Zeit vorgedrungen ist, möchte ich kurz noch darauf eingehen, wie die chemische Affinität gemessen werden kann. Wenn zwei Substanzen bei ihrer Berührung in rasche chemische Wechselwirkung zu treten vermögen, so sagt man in der Regel, dass sie eine grosse chemische Affinität besitzen; dies ist einwandsfrei, aber keineswegs die Umkehrung dieses Satzes, dass nämlich Substanzen, die sich auch bei innigster Berührung gegeneinander indifferent verhalten, keine Affinität besitzen. Der Verlauf eines chemischen Prozesses ist zwar proportional der wirkenden chemischen Kraft, aber er hängt ausserdem auch noch von der Grösse der Widerstände ab, die im betreffenden Falle zu überwinden sind. Auch bei sehr grosser Affinität kann die Reaktionsgeschwindigkeit verschwindend klein sein, wofür ein Gemenge von Wasserstoff und Sauerstoff ein Beispiel bildet; trotz der grossen Affinität dieser Elemente bleiben sie bei gewöhnlicher Temperatur so gut wie vollkommen passiv, weil der zu überwindende chemische Widerstand sehr gross ist. Genau wie die Intensität eines galvanischen Stromes der wirkenden elektromotorischen Kraft direkt und dem entgegenstehenden elektrischen Widerstande indirekt proportional ist, so gilt für die rein chemischen Prozesse ein analoges Gesetz: die Reaktionsgeschwindigkeit ist der chemischen Kraft oder der chemischen Affinität direkt und dem chemischen Widerstand indirekt proportional. In einem galvanischen Elemente werden beide Gesetze, das Ohmsche Grundgesetz der elektrischen Ströme und das chemische Grundgesetz des Reaktionsverlaufs identisch, weil hier galvanischer und chemischer Widerstand zusammenfallen, die Reaktionsgeschwindigkeit nach Faradays Gesetz der Stromintensität gleich wird und die Kraft der chemischen Affinität des stromliefernden Prozesses in dem betrachteten galvanischen Elemente einfach seine elektromotorische Kraft ist. Ebenso aber wie das Ohmsche Gesetz auch auf elektrische Ketten Anwendung findet, in denen keinerlei chemische Prozesse sich abspielen, wie bei den Dynamomaschinen oder den Thermosäulen, so gilt das analoge chemische Grundgesetz auch bei Reaktionen,

in denen wie z. B. bei Verbrennungserscheinungen das Auftreten galvanischer Ströme nicht nachgewiesen und, wenn es sich lediglich um die Einwirkung zwischen elektrischen Isolatoren handelt, geradezu ausgeschlossen ist. Immerhin weist die grosse Ähnlichkeit der beiden besprochenen Gesetze bereits auf eine Beziehung zwischen chemischem Prozess und galvanischem Strome oder besser galvanischer Entladung hin.

Aus den vorstehenden Überlegungen ersehen wir bereits, dass die Bestimmung der elektromotorischen Kraft eines galvanischen Elementes uns gleichzeitig die Grösse der Affinität des betreffenden stromliefernden chemischen Prozesses liefert. Man kann letztere Grösse aber auch auf zahlreichen anderen Wegen ermitteln; wie nebenbei bemerkt sei, liefert jede Methode, die zur Kenntnis der maximalen Arbeitsleistung einer chemischen Umsetzung oder, wie man es auch ausdrückt, zur Bestimmung der damit verbundenen Änderung der freien Energie führt, gleichzeitig die chemische Affinität der betreffenden stofflichen Umsetzung. Die Messung der elektromotorischen Kraft ist aber die vielseitigste und genaueste Methode, und wir sehen also, wie auch hier wieder, wo es sich um die Messung einer der wichtigsten chemischen Grössen handelt, eine rein elektrische Methode an der Spitze steht.

Historisch wäre über die Frage nach der Natur der chemischen Verwandtschaft etwa folgendes zu bemerken. Bei der Beschäftigung mit der anorganischen Chemie zeigte sich in der Zusammensetzung zahlreicher chemischer Verbindungen ein deutlicher Dualismus; man konnte die Elemente und Radikale in zwei Kategorien teilen, die positiven und die negativen, und man fand, dass die positiven, wie die negativen Radikale je untereinander meistens relativ schwierig reagieren, dass aber ein stark positives mit einem stark negativen Radikale sich stets glatt zu einer wohl charakterisierten chemischen Verbindung vereinigt. Die Erkenntnis dieser Thatsache ist der bleibende Inhalt der elektrochemischen Theorie von Berzelius; dass der grosse Begründer der analytischen Chemie dies Verhalten der Elemente dadurch zu erklären suchte, dass er die eine Kategorie als in freiem Zustande positiv, die andere als negativ geladen ansah, eine Annahme, die gegen die Elemente der Elektrizitätslehre verstösst, ist im Grunde eine unwesentliche Zugabe zu seiner Theorie. Thatsächlich war es Berzelius auch wohl mehr darum zu thun, den von ihm so oft beobachteten Dualismus in den chemischen Verbindungen durch die Analogie mit den beiden Elektrizitäten anschaulich zu machen, als eine streng physikalische Erklärung der Wirksamkeit chemischer Kräfte zu liefern.

Nun entdeckte die aufblühende organische Chemie zahllose chemische Verbindungen, bei denen die einseitig dualistische Auffassungsweise vollkommen versagte, und so entstand die, wie man sich kurz ausdrückt, unitarische Theorie der Konstitution organischer Verbindungen, d. h. eine Valenztheorie, die sich um jenen Dualismus nicht kümmert.

Gegenwärtig kann man wohl sagen, dass eine rein unitarische Auffassungsweise der chemischen Verbindungen ebenso einseitig wäre, wie die rein dualistische Auffassungsweise von Berzelius; wir müssen eben annehmen, dass bei der Bildung chemischer Verbindungen sowohl einheitlich wirkende Kräfte zur Geltung kommen, wie es z. B. die von Masse zu Masse wirkenden Newtonschen Attraktionskräfte sind, als auch Kräfte polarer Natur thätig sind, wofür die elektrischen Kräfte das deutlichste Beispiel liefern.

Der von Berzelius erkannte Dualismus der chemischen Verbindungen lässt sich vom Standpunkte der Ionentheorie sehr einfach folgendermassen deuten. Diejenigen Elemente oder Radikale, welche aus chemischen Verbindungen als positive Ionen abgespalten werden, bilden die eine Kategorie, diejenigen, welche als negative Ionen auftreten, bilden die andere Kategorie der Elemente und Radikale. Es sind also nicht die freien Elemente oder Radikale elektrisch geladen, wie Berzelius annahm, sondern nach der Vereinigung von positiven und negativen Radikalen untereinander vermag das Molekül unter geeigneten Bedingungen sich in Ionen zu spalten, wobei dann die positiven Radikale positiv, die negativen Radikale negativ elektrisch geladen sind. Diese elektrische Spaltung offenbart sich am deutlichsten durch elektrolytische Leitfähigkeit und die damit verbundene Fähigkeit, unter dem Einfluss eines hinreichend starken elektrischen Zuges sich in die freien Radikale spalten zu lassen, gleichzeitig aber auch, worauf Hittorf zuerst hinwies, in dem leichten chemischen Austausche eines positiven gegen ein anderes positives und eines negativen gegen ein anderes negatives Radikal, oder, mit anderen Worten, in der glatten Bildung und gegenseitigen Umsetzung von Salzen; Hittorf drückte dies sehr prägnant durch den einfachen Satz aus: „Elektrolyte sind Salze".

Berzelius nahm, wie schon bemerkt, ferner an, dass der Grad der Positivität oder Negativität, wenn ich mich kurz so ausdrücken darf, durch die Stärke der elektrischen Ladung bestimmt sei; seit Faraday weiss man im Gegenteil, dass die elektrische Ladung, die ein einwertiges Ion oder Radikal mit sich führt, ganz unabhängig von der Natur und demgemäss auch von der Stärke dieses Radikales ist. Das äusserst stark positive Kaliumion ist genau so stark elektrisch geladen, wie das sehr schwach

positive Silberion, und das gleiche gilt auch für das äusserst stark negative Fluorion und das sehr schwach negative Jodion. Nicht in der Grösse der Ladung zeigt sich der Grad der Positivität oder Negativität, sondern in der Festigkeit, mit der diese Ladung gebunden wird. Dementsprechend kann, um bei den obigen Beispielen zu bleiben, Jodsilber bereits durch sehr geringe elektromotorische Kräfte in die freien Elemente gespalten werden, während Fluorkalium umgekehrt nur unter dem Einfluss eines sehr starken elektrischen Zuges in die Bestandteile zerfallen kann.

Der experimentelle Ausdruck der Thatsache, dass die verschiedensten einwertigen positiven oder negativen Radikale gleichstark elektrisch geladen sind, ist das Faradaysche elektrolytische Grundgesetz, wonach die gleiche Strommenge aus den verschiedensten Elektrolyten immer chemisch äquivalente Mengen in Freiheit setzt. Da nach allem, was wir darüber wissen, das erwähnte Gesetz mit grösster Exaktheit zutrifft, so kann die Thatsache, dass die verschiedenartigsten einwertigen Ionen die gleiche Elektrizitätsmenge binden, als sicher verbürgt gelten.

Was die mehrwertigen Ionen anlangt, so findet man, dass die zweiwertigen Elemente oder Radikale genau doppelt soviel, die dreiwertigen genau dreimal soviel Elektrizität binden, als die einwertigen u. s. w.

Diese höchst merkwürdigen Thatsachen lassen sich nun ungemein einfach und anschaulich deuten, wie schon Helmholtz in seiner Faraday-Rede (1881) angedeutet hat. Wenn wir an der stofflichen Natur der Elektrizität festhalten, wozu man, wie Helmholtz ebenda betonte, vollkommen berechtigt ist — und ich glaube nicht, dass sich seitdem hieran etwas geändert hat —, so sind die Ionen eine Art von chemischer Verbindung zwischen Elementen und Radikalen einerseits und der Elektrizität andererseits. Wenn nun ferner, wie wir schon sahen, die verschiedensten Elemente oder Radikale immer sich nur mit einer ganz bestimmten Quantität freier Elektrizität oder einem Multiplum davon verbinden, so kann man das am einfachsten durch den Satz ausdrücken: für die Verbindungen zwischen gewöhnlicher Materie und der Elektrizität gilt genau das gleiche chemische Grundgesetz, wie für die Verbindungen der gewöhnlichen chemischen Substanzen untereinander, nämlich das Gesetz der konstanten und multiplen Proportionen.

Erinnern wir uns, dass vor etwa einem Jahrhundert die Entdeckung jenes chemischen Grundgesetzes Anlass zur Einführung der Atomistik in die exakte Naturwissenschaft gab und dass bis auf den heutigen Tag dieses Gesetz die sicherste experimentelle Unterlage jeder molekulartheoretischen Betrachtung geblieben ist. Ohne die atomistische Naturauffassung ständen wir diesem fundamentalen Naturgesetze völlig ratlos gegenüber, während es uns vom Standpunkte der Atomistik aus geradezu selbstverständlich erscheint.

Genau so liegt die Sache offenbar, wenn es sich um die Auffassung des obigen elektrochemischen Grundgesetzes handelt; denken wir uns die elektrischen Fluida als kontinuierlich, so bleibt es völlig unerklärlich, warum die verschiedensten Elemente und Radikale immer gerade eine ganz bestimmte Elektrizitätsmenge bilden oder gerade ein Multiplum davon. Sofort aber wird es zur notwendigen Konsequenz, wenn wir die Elektrizität als in einzelne Atome von unveränderlicher Grösse uns geteilt denken.

Hierdurch gelangen wir also sozusagen zu einer chemischen Theorie der Elektrizität, die wir zum Schluss noch kurz betrachten wollen. Ausser den bekannten chemischen Elementen hätten wir zwei neue anzunehmen, gebildet von den positiven und negativen Elektronen, wie man diese elektrischen Atome bezeichnet; diese Elemente sind chemisch einwertig, d. h. die Valenz eines einwertigen Elementes kann durch ein, die eines zweiwertigen Elementes durch zwei Elektronen gesättigt werden u. s. w. Das Atomgewicht dieser Elektronen kann für die Zwecke der Chemie als verschwindend klein angesehen werden. Forschungen auf ganz anderen Gebieten, die in erster Linie das Studium der Kathodenstrahlen betrafen, und worüber Herr Dr. Kaufmann, ein sehr erfolgreicher Bearbeiter dieses Gebietes, am letzten Mittwoch von dieser Stelle aus berichtet hat, haben es übrigens wahrscheinlich gemacht, dass das Atomgewicht der negativen Elektronen etwa $^1/_{2000}$ des Atomgewichtes des Wasserstoffes ist. Freilich ist die Frage noch offen, ob es sich hier um eine wirkliche Masse im gewöhnlichen Sinne handelt. Jedenfalls aber ist diese Grösse in der That bei chemischen Arbeiten verschwindend, insofern als etwaige durch die negativen Elektronen bedingte Gewichtsveränderungen innerhalb der unvermeidlichen Fehler auch der genauesten bisherigen chemischen Analysen liegen. Ob die positiven Elektronen, wie nicht unwahrscheinlich, das gleiche Atomgewicht haben, wissen wir nicht, weil man an diesen die den Kathodenstrahlen entsprechende Erscheinung noch nicht aufgefunden hat. Die Eigentümlichkeiten, welche diesen beiden Elementen zwischen allen anderen eine ganz entschiedene Ausnahmestelle verleiht, sind die von ihnen ausgehenden eigenartigen Kraftwirkungen, die von der Newtonschen Attraktion der gewöhnlichen Elemente und Verbindungen so vollkommen verschieden sind. Die Behandlung dieser Kräfte bildet eben den physikalischen

Teil der Elektrizitätslehre, die seit Coulomb und Ampère mit der Erforschung der Gesetze jener Kräfte sich beschäftigt hat. Dasjenige, was für die Chemie in Betracht kommt, nämlich die elektrolytische Leitung, die elektrolytische Zersetzung und die galvanische Stromerzeugung, habe ich in dem ersten Teile meines Vortrages besprochen, und wir haben dabei konstatiert, dass sich diese Erscheinungen in der That aus den elektrischen Grundgesetzen heraus anschaulich deuten lassen.

Wenn man fragt, warum denn diese beiden Elemente von polar entgegengesetztem Charakter eine solche Ausnahmestellung im Vergleich zu allen übrigen einnehmen, so kann man diese Frage allerdings mit gleichem Recht aufwerfen, aber ebensowenig beantworten, wie die: warum ist das Chlor gerade das Chlor, warum hat das Natrium gerade die Eigenschaften des Natriums u. s. w. Die Eigenschaften der Elemente können wir zur Zeit eben nicht ableiten, wir müssen sie einfach nehmen, wie sie sind. — Übrigens erinnert das gegenseitige Verhältnis der positiven und negativen Elektronen ein wenig, aber auch nur ein wenig, an das Verhältnis zwischen zwei optischen Isomeren.

Die Ionen sind, wie schon bemerkt, als chemische Verbindungen zwischen gewöhnlichen Atomen und Radikalen und den Elektronen aufzufassen, und zwar sind es gesättigte chemische Verbindungen. Wenn wir nämlich etwa im Chlornatrium das Natriumatom durch ein negatives Elektron substituieren, so bekommen wir das negative Chlorion; wenn wir das Chloratom durch das positiv geladene Elektron ersetzen, so bekommen wir das positive Natriumion. Man sieht also, dass die Ionen sich vollständig in das Schema der Substitutionstheorie einordnen, sobald wir die atomistische Auffassung der Elektrizität zu Hilfe nehmen. Gleichzeitig wird auch der gewaltige Unterschied zwischen freiem Chlor und dem Chlorion, zwischen freiem Natrium und dem Natriumion offenbar; denn genau so, wie das physikalische Verhalten des freien Chlors und des freien Natriums ganz anders ist, als wenn diese Elemente in einer chemischen Verbindung, wie etwa Chlornatrium, vorhanden sind, so wird ihr Verhalten durchgreifend durch die Verbindung mit den elektrischen Elementaratomen, d. h. durch den Übergang in den Ionenzustand, geändert.

Dass sich übrigens die Ionen in der That wie gesättigte Verbindungen verhalten, geht unter anderem auch aus folgender Thatsache hervor. Ausser den chemischen Verbindungen, die sich dem Schema der Valenztheorie unterordnen, giebt es auch sogenannte Molekülverbindungen; um hierfür ein Beispiel zu nennen, so vermag das Platinchlorid sechs Ammoniakmoleküle zu addieren. Es ist nun sehr bemerkenswert, dass die Ammoniakmoleküle durch Ionen ersetzbar sind, wie die Forschungen von Werner gezeigt haben, und dass also auch die Ionen in der Art und Weise, Molekülverbindungen zu bilden, sich vollkommen den gewöhnlichen gesättigten Verbindungen an die Seite stellen.

Es liegt nun die Frage nahe, ob sich die Substitution im Chlornatrium nicht noch einen Schritt weiter führen, d. h. ob sich nicht gleichzeitig das Natriumatom und das Chloratom durch ein negatives und ein positives Elektron substituieren lässt; das Resultat dieser Substitution wäre also eine Verbindung aus einem positiven und einem negativen Elektron. Wir hätten so ein elektrisch neutrales, masseloses oder wenigstens so gut wie masseloses Molekül. Über diese Verbindung und über die Rolle, die sie vielleicht in chemischen und elektrochemischen Prozessen spielt, wissen wir noch nichts Bestimmtes. Sollten diese Verbindungen wirklich existieren, und sollte es uns gelingen, ein Reagens darauf zu finden, um mich der chemischen Ausdrucksweise zu bedienen, so würde sich uns vielleicht eine neue Welt von Erscheinungen erschliessen; die Vermutung scheint mir jetzt schon unabweisbar, dass im Verhalten des Lichtäthers, jenes bis heute noch völlig hypothetischen Agens, diese Molekülgattung eine Rolle spielt.

Auf Grund dieser Anschauung können wir uns nun leicht ein klares Bild über das Verhältnis von dualistischer zu unitarischer Anschauungsweise verschaffen. Die verschiedenen Elemente (bez. Radikale) besitzen zu den positiven und negativen Elektronen verschiedene chemische Affinität; diejenigen Elemente, die zum positiven Elektron eine ausgesprochene Verwandtschaft zeigen, bilden die positive Gruppe von Elementen; entsprechend besitzen die negativen Elemente eine Verwandtschaft zum negativen Elektron. Ausserdem besitzen die verschiedenen Elemente untereinander eine chemische Affinität, die nicht polaren Charakters ist. Dementsprechend können, ohne dass die Elektronen eine Rolle spielen, zwei Atome eines Elementes eine feste chemische Verbindung eingehen; ich erinnere nur an die Festigkeit, mit der sich zwei Wasserstoffatome oder zwei Stickstoffatome untereinander zu einem Molekül vereinigen. Dasselbe gilt von vielen Verbindungen der Metalloide untereinander, wie Chlorjod, Schwefelphosphor u. s. w. Ebenso vermögen die Metalle untereinander zahlreiche Verbindungen einzugehen, bei denen wir ebenfalls gar keinen Anlass haben, auf eine Beteiligung von Elektronen zu schliessen. Der Kohlenstoff insbesondere, der einen Übergang zwischen den ausgesprochen positiven und den ausgesprochen negativen Elementen bildet, vermag mit beiden

Kategorien von Elementen zu reagieren, und da auch hier die Elektronen aus dem Spiele zu bleiben scheinen, so wird die Möglichkeit einer rein unitarischen Auffassungsweise bei den Kohlenstoffverbindungen verständlich.

Sobald aber ein positives und ein negatives Element miteinander reagieren, tritt die Fähigkeit der Ionenspaltung auf, d. h. mit diesem chemischen Prozesse ist eine Addition oder Aufspaltung eines masselosen elektrisch neutralen Moleküls verbunden; es scheint mir sehr bemerkenswert, dass diese Vorgänge mit einer viel durchgreifenderen Veränderung des gesamten Verhaltens verbunden sind, als diejenigen, bei denen eine Mitwirkung der Elektronen nicht stattzufinden scheint; denn während die Verbindungen der Metalle untereinander deutlich metallischen Charakter bewahren und die Verbindungen zwischen Metalloiden ebenfalls deutlich an das Verhalten ihrer Bestandteile erinnern, entsteht offenbar etwas ganz Neues und Eigenartiges, wenn ein Metall mit einem Metalloide reagiert. Eine Substanz wie Chlornatrium, weist gegen ihre Komponenten die denkbar grössten Verschiedenheiten auf, wie auch bei der Bildung solcher Verbindungen offenbar ganz besonders mächtige chemische Kräfte mitwirken.

Natürlich scheint es nicht unmöglich, dass auch bei den nicht polaren Wechselwirkungen elektrische Kräfte im Hintergrunde sich befinden, wie man ja auch jetzt schon vielfach hofft, die Newtonsche Attraktion, ähnlich wie es mit der Optik gelang, auf elektrische Phänomene zurückführen zu können. Das ist aber doch lediglich Sache der Zukunft; zur Zeit wird man gut daran thun, die Kräfte polarer Natur sorgfältig von den unitarischen zu trennen.

Das hier dargelegte Schema lässt die Möglichkeit vorhersehen, dass ein Element oder Radikal mit einem positiven oder negativen Elektron zu reagieren vermag, ohne dass gleichzeitig ein anderes Element von damit entgegengesetzt polarem Charakter sich des freigewordenen Elektrons bemächtigt. Wenn dies geschähe, so würde das freie Elektron in Analogie zu den gewöhnlichen chemischen Prozessen mit einem bestimmten Dissoziationsdruck in Freiheit gesetzt werden, der sich in der lebendigen Kraft des fortgeschleuderten freien Elektrons äussern würde. Vielleicht verdanken die Becquerelstrahlen einem solchen chemischen Prozesse ihre Entstehung; da man auch hier bisher nur das Auftreten freier negativer Elektronen beobachtet hat, so gewinnt es überhaupt den Anschein, als ob die positiven Elektronen viel schwieriger zu isolieren, d. h. viel fester von den Elementen metallischer Natur gebunden seien, als die negativen Elektronen von den Metalloiden.

(Auszug aus dem als Broschüre bei Vandenhoek & Rupprecht, Göttingen, erschienenen Vortrage.)

(Eingegangen 18. Oktober 1901.)

O. Kammerer (Charlottenburg), Die Erhaltung der Energie vom Standpunkte des Ingenieurs. [1]

Das Grundgesetz der Naturwissenschaft — das Gesetz von der Erhaltung der Energie — ist auch das Grundgesetz der Ingenieur-Wissenschaft.

Denn die Aufgabe des Maschinen-Ingenieurs lautet:

Verwandlung und Verteilung von Energie mit möglichster Wirtschaftlichkeit zu dem Zwecke, den Menschen von körperlicher Arbeit zu entlasten und für höhere Kulturarbeit frei zu machen.

Diese Aufgabe beginnt stets mit Verwandlung von Energie aus der in der Natur sich bietenden Form in die mechanische Energieform in den sogenannten Motoren. Die beiden Formen nämlich, in welchen die Sonnenenergie vergangener und gegenwärtiger Zeit uns bisher in verwertbarer Art zur Verfügung steht — in der chemischen Energie der Heizstoffe und in der hydraulischen Energie der Ströme — sind nur sehr selten unmittelbar verwendbar; notwendig ist daher zunächst Umformung in mechanische Energie.

Der zweite Teil der Aufgabe des Maschinen-Ingenieurs besteht in der Verteilung der aus der Naturkraft geformten mechanischen Energie zunächst von der Gewinnungsstelle zu den sogenannten Arbeitsmaschinen und dann in den letzteren selbst von der Eintrittsstelle der Energie bis zur Verwendungsstelle.

Die Lösung der Ingenieuraufgabe muss mit möglichster Wirtschaftlichkeit erfolgen: d. h. mit einem geringsten Aufwand von körperlicher Mitarbeit des Menschen, mit einem geringsten Aufwand der kraftübertragenden Mittel — Eisen und Kupfer — und mit einem geringsten Aufwand von mechanischer Energie. Die gleichmässige Berücksichtigung dieser drei häufig einander widersprechenden Bedingungen macht die Thätigkeit des Maschinen-Ingenieurs zu einer sehr vielgestaltigen und schwierigen. Im folgenden soll nur der Einfluss der letzten der drei Bedingungen — Erzielung geringsten Energieverlustes — besprochen werden, die aber nie allein den Ausschlag für die Beurteilung eines Ingenieurwerkes bilden darf.

Das Wort „Energieverlust" klingt seltsam zu der Erkenntnis von der Erhaltung der Energie.

1) Abteilung 3, 26. Septr. 1901.

Die Energie an sich kann ja nicht verloren gehen, sie kann nur einen anderen Weg gehen, als wir ihn ihr aufzwingen wollen. Die Naturkraft in einen ganz bestimmten Weg zu zwingen, ist aber gerade unser Ziel. Von diesem Standpunkt aus nennen wir „nutzbare Energie" nur denjenigen Teil, der innerhalb des aufgezwungenen Weges dahineilt, dagegen „verlorene Energie" den Anteil, der sich der Bändigung entzieht und in Seitenpfade verliert. Inwieweit es nun bisher dem Ingenieur gelungen ist, die Energie im genannten Sinne zu „erhalten", das soll im folgenden an einigen Beispielen gezeigt werden, die aus dem Sonderfach des Berichterstatters — Hebemaschinen mit Kraftbetrieb — herausgegriffen sind.

Von diesen Beispielen ist eines aus dem Bergbau, ein zweites aus dem Personenverkehr und eines aus dem Hafenbetrieb gewählt, um möglichst verschiedenartige Betriebsverhältnisse einander gegenüberzustellen. In einem Fall soll die Energie in Form von Dampf, im zweiten von Druckwasser, im dritten von elektrischem Strome zugeführt werden, um die durch die Energieform bedingten Eigentümlichkeiten zur Darstellung zu bringen.

Als erstes Beispiel ist eine Fördermaschine gewählt. Die Fördermaschine ist eine der einfachsten, aber auch für unsere Kultur wichtigsten Maschinen, denn sie bringt uns die beiden Stoffe, welche die Grundbedingungen unserer modernen Kultur sind: die Kohle als Energieträger, und das Eisen als Kraftübertragungsmittel. Ohne diese Mittel wäre eine Daseinsgestaltung in der heutigen Form unmöglich, da die Menschenkraft gegenwärtig ein vielfaches desjenigen kostet, für welches sie beispielsweise in der antiken Kulturzeit infolge des geringen Existenzminimums der damaligen Zeit und des damals bewohnten Klimas verfügbar war.

Die Fördermaschine entwickelte sich aus der ursprünglichen Kübelförderung mit Pferdegöpel oder Wasserrad. Das Erz wurde im Tiefsten des Schachtes in einen am Hanf- oder Aloeseil hängenden Kübel gefüllt, dieser Kübel aufgewunden, am oberen Schachtende — der Hängebank — entladen und leer wieder gesenkt. Die Nutzenergie wurde hierbei dargestellt durch den Kübelinhalt und die Fördergeschwindigkeit, die aufzuwendende Gesamtenergie war grösser um den Betrag des Kübelgewichtes und des Seilgewichtes. Ersteres war gering im Verhältnis zur Nutzlast, daher war auch das Seilgewicht klein, denn letzteres ist abhängig von Nutzlast und Kübelgewicht. Die Nutzenergie war daher gross im Verhältnis zur Gesamtenergie. Die Förderung litt aber unter den grossen Übelständen: das Einfüllen des Kübels erforderte grosse Förderpausen, der freigehende Kübel durfte nur mit geringer Geschwindigkeit, höchstens 2 Sekundenmetern gehoben werden, und der leere Rückhub brachte grossen Zeitverlust. Die Leistungsfähigkeit einer solchen Kübelförderung war daher sehr gering. Heutzutage kommt daher die Methode nur noch bei Abteufen kleiner Schächte zur Anwendung, wenn mit einfachsten Mitteln gearbeitet werden muss.

Vergrösserung der Leistung wurde durch folgende Mittel erreicht: Zur Vermeidung der Einfüllzeit wurde die Hebung der Nutzlast in denselben Gefässen vorgenommen, wie die Horizontalförderung, nämlich in Hunten. An Stelle des Kübels musste nunmehr ein Gerippe treten, welches Gleise für die Hunte trug. Diese Massnahme verkürzte die Förderpausen beträchtlich, brachte aber bedeutend grössere Totlast.

Grössere Fördergeschwindigkeit bis zu 15 Sekundenmetern wurde ermöglicht durch Einbau von Führungen in den Schacht: dies bedingte allerdings einen Reibungswiderstand, die gesteigerte Geschwindigkeit einen Luftwiderstand. Der leere Rücklauf wurde schliesslich vermieden durch Einführung der zweitrümigen Förderung, welche gleichzeitig den Vorteil ausgeglichener Eigengewichte der Fördergerippe und Hunte bringt. Die infolge der gesteigerten Totgewichte vergrösserten Seilgewichte werden hierbei allerdings nicht ausgeglichen. Zu beachten sind ferner die Massenwiderstände, welche durch die grosse Geschwindigkeit und durch die grossen Massen der Gerippe, Hunte, Seile und Trommeln hervorgerufen werden. Die gesteigerte Leistung wird daher erkauft durch einen verhältnismässig weit grösseren Energieverlust.

Diese Betriebsverhältnisse werden erleuchtet durch Versuche an der Fördermaschine des Salzwerkes in Heilbronn, die von Buschmann in Dinglers Polytechnischem Journal veröffentlicht sind. Aus den dort dargestellten Dampfdiagrammen lässt sich das Belastungsdiagramm — Fig. 1 — konstruieren, welches den Einfluss der einzelnen Widerstände auf den Energieverlust zur Darstellung bringt. Die Nutzenergie beträgt rund 200 Pferdestärken bei 12 Sekundenmeter Förderungsgeschwindigkeit, die höchste Gesamtenergie rund 400 Pferdestärken.

Das Verhältnis der Nutzenergie zur Gesamtenergie ist bei dieser Fördermaschine noch ein verhältnismässig günstiges, da die Förderteufe nur 200 Meter beträgt. Ein wesentlich anderes Bild ergiebt sich bei zunehmender Teufe. Zum Vergleich mögen die Betriebsverhältnisse bei der grössten bisher ausgeführten Fördermaschine betrachtet werden, die seit Sommer 1899 bei der Tamarack Mining Co. in Betrieb und von der Nordberg Manufacturing Co. in Milwaukee gebaut ist. Die Förderteufe beträgt 1800 Meter, die Fördergeschwindigkeit 20 Sekundenmeter, die Nutzlast 6000 kg, das Seilgewicht 11000 kg;

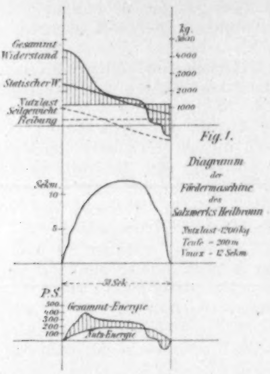


Fig. 1.

diese Fördermaschine ist mit konischen Seiltrommeln ausgeführt; es möge indessen zunächst angenommen werden, dass cylindrische Trommeln verwendet seien, um den Vergleich mit der Heilbronner Fördermaschine zu haben. Das Belastungsdiagramm — Fig. 2 — ist unter dieser Voraussetzung entworfen. Die Nutzenergie würde dann 1600 Pferdestärken, die höchste Gesamtenergie 4500 Pferdestärken betragen; das Ver-

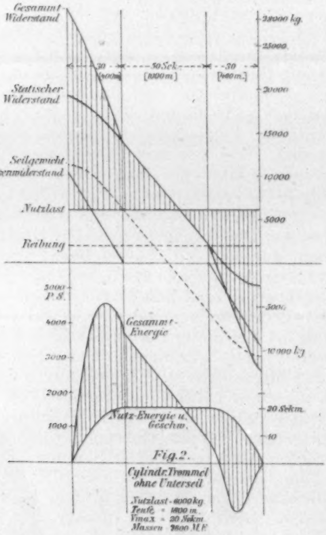


Fig. 2.

hältnis zwischen beiden wäre daher ein sehr ungünstiges, die Maschine daher nicht nur unwirtschaftlich, sondern auch sehr schwer und kostspielig. Ein wesentlich günstigeres Belastungsdiagramm — Fig. 3 — würde sich er-

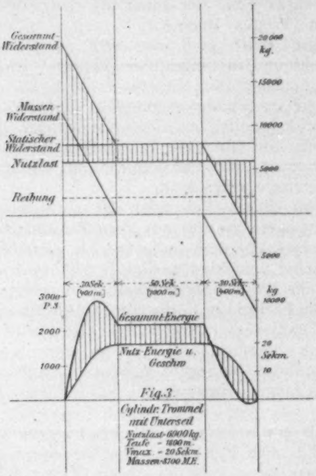


Fig. 3.

geben, wenn die Seilgewichte durch Unterseil ausgeglichen wären. Die höchste Gesamtenergie würde dann bei gleicher Nutzenergie nur 2700 Pferdestärken betragen, die Maschine könnte beträchtlich wirtschaftlicher arbeiten und leichter und billiger ausgeführt werden. Wenn nun aber auch Unterseile aus Holzkohleneisen mit Bandquerschnitt bei unmittelbar centrischer Anhängung an die Förderseile bis zu 12 Sekundenmeter Fördergeschwindigkeit und bis zu 500 Meter Teufe sich gut bewährt haben, so würde die Anwendung eines Unterseils für 20 Sekundenmeter und 1800 Meter jedenfalls unzulässig sein, wegen der gewaltigen Massenwirkung eines Unterseils für diese Verhältnisse.

Um einerseits Unterseil zu vermeiden, andererseits eine wenigstens teilweise Gewichtsausgleichung zu ermöglichen, ist die Fördermaschine der Tamarack Mining Co. mit konischen Seiltrommeln ausgeführt worden. Diese Konstruktion würde theoretisch nicht nur eine vollkommenere Ausgleichung der Seilgewichte, sondern auch der Gewichte mit den Massenwiderständen ermöglichen; praktisch ist aus Konstruktionsrücksichten nicht einmal das erstere vollständig ausführbar. Im vorliegenden Falle ist zwischen die konischen Trommeln ein cylindrisches Stück eingeschaltet, welches von beiden Förderseilen

abwechselnd benutzt wird. Das Belastungsdiagramm — Fig. 4 — lässt daher nur eine

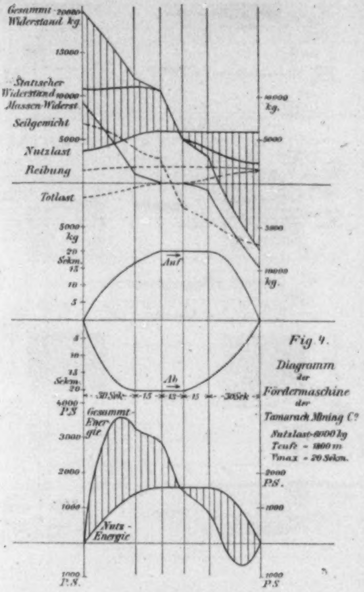


Fig. 4.

sehr unvollkommene Ausgleichung der Seilgewichte erkennen. Die höchste Gesamtenergie beträgt 3500 Pferdestärken gegen 1600 Pferdestärken Nutzenergie.

Die Gesamtenergie ist gemessen gedacht am Trommelumfang; die Widerstände innerhalb der Maschine — im Kurbeltriebwerk — sind also noch nicht inbegriffen. Ebensowenig sind die thermischen Energieverluste in den Belastungsdiagrammen dargestellt, die bei Fördermaschinen infolge der Förderpausen und infolge der Anlaufbedingungen sehr hohe Werte erreichen. Es liegt nun nahe, die Frage aufzuwerfen, ob diese Energieverluste vielleicht verringert werden könnten durch Einführung elektrischen Betriebs von Fördermaschinen. Zunächst wird die Energieübertragung hierdurch umständlicher: die Dampfenergie kann nicht unmittelbar in die Fördermaschine geleitet werden, sondern muss zunächst in mechanische, dann in elektrische Energie verwandelt werden, um schliesslich in der Fördermaschine selbst wieder in mechanische Energie umgesetzt zu werden. Alle diese Umwandlungen sind mit Energieverlusten verbunden. Die thermischen Verluste lassen sich allerdings auf einen kleinen Bruchteil der bisherigen vermindern infolge der günstigen thermischen Verhältnisse stetig laufender Dampfdynamomaschinen. Die zwischen Seiltrommel und Gerippe fallenden Energieverluste lassen sich hingegen nur dann vermindern, wenn es gelingt, die im Belastungsdiagramm dargestellte negative Arbeit in elektrische Energie umzusetzen. Diese Aufgabe ist mit normalen Elektromotoren nicht lösbar: sie setzt vielmehr einen Motor voraus, der nicht im Ankerstromkreis, sondern ausschliesslich im Feldstromkreis geregelt wird. Gleichzeitig müssen die Verluste im Anlasser vermieden werden, die bei gewöhnlichen Elektromotoren nicht zu umgehen sind. Nur unter diesen Voraussetzungen hat der elektrische Betrieb von Fördermaschinen eine wirtschaftliche Zukunft.

Ein zweites Beispiel ist gewählt aus dem Personenverkehr zwischen den einzelnen Stockwerken von Gebäuden. Je nach Art der letzteren wickelt sich dieser Verkehr in sehr verschiedener Dichte ab. Als unterste Stufe können die Aufzüge in Miethäusern angesehen werden, die meist für eine Zugkraft entsprechend drei Fahrgästen und für eine Hubgeschwindigkeit von 0,5 Sekundenmetern gebaut werden. Einen bedeutend dichteren Verkehr haben Gasthofaufzüge zu bewältigen, die durchschnittlich fünf Fahrgäste mit 1,0 Sekundenmetern Geschwindigkeit fördern können. Noch weiter werden die Anforderungen an Warenhausaufzüge gesteigert, bei denen meist eine Zugkraft entsprechend zehn Fahrgästen bei 1,5 Sekundenmetern verlangt wird. Der stärkste Vertikalverkehr tritt bei Aufzügen für Untergrundbahn-Stationen auf, die für eine Zugkraft von 50 bis 100 Fahrgästen gebaut werden müssen bei einer Hubgeschwindigkeit bis zu 2,0 Sekundenmetern. Eine Steigerung der Geschwindigkeit über diese Grenze hinaus hat keine Berechtigung, solange die Hubhöhe das übliche Mass von 20 bis 30 Metern nicht überschreitet.

Als eine moderne Ausführung für sehr dichten Vertikalverkehr mögen in folgendem die im Jahre 1899 ausgeführten neuen Aufzüge des Eiffelturms besprochen werden, die als Ersatz für die zu wenig leistungsfähigen alten Aufzüge aus dem Jahre 1888 eingebaut wurden. Die neuen Aufzüge sind konstruiert und ausgeführt von der Compagnie de Fives-Lille und verfügen über eine Zugkraft von 7000 kg entsprechend 100 Fahrgästen bei 2,0 Sekundenmetern Hubgeschwindigkeit. Sie fördern vom Erdgeschoss in das II. Stockwerk mit Anhalten im I. Stockwerk bei einer Hubhöhe von 50 plus 70 = 120 Metern. Die Fahrbahn ist geneigt und zwar im unteren Teil stärker als im oberen; es war daher eine Rollenführung erforderlich

unter entsprechender Beschränkung der Geschwindigkeit.

Die Unterbringung der Fahrgäste in geschlossenen Fahrzellen führt bei Aufzügen zu beträchtlichen Werten der Totlast. Im vorliegenden Falle ist es durch Verwendung eines Stahlgerippes mit Aluminiumzellen gelungen, das Totgewicht auf 9500 kg bei 7000 kg Nutzlast herabzudrücken, während es bei den alten Turmaufzügen 11000 kg bei 3000 kg Nutzlast betrug. Zur Ausgleichung dieser grossen Totlasten waren bei den alten Aufzügen Gegengewichte angeordnet, die ebenso wie die Fahrrollen mit Rollenführungen auf schiefer Bahn liefen, aber nur halb so grossen Hub ausführten. Für die neuen Aufzüge wurde ebenso wie für die alten hydraulischer Betrieb gewählt, weil für diese Betriebsart von Aufzügen die meisten Erfahrungen vorlagen; im Gegensatz zu der geringen Spannung von 12 Atm. der alten Aufzüge mit Hochbehältern griff man für die neuen Aufzüge zu der üblichen Hochspannung von 50 Atm. mit Gewichtsakkumulatoren. Die Wahl hoher Spannung ermöglichte die Vermeidung der in den Turmführungen laufenden, für den Betrieb sehr lästigen Gegengewichte. Die Totlasten der Aufzüge sind ausgeglichen durch die Belastungsgewichte von besonderen Akkumulatoren mit 18 Atm. Pressung, in welche das aus den Triebcylindern kommende Wasser überströmt. Die Presspumpe hat nur den Druckunterschied zwischen Niederdruck- und Hochdruck-Akkumulator = 50 — 18 = 32 Atm. — zu überwinden.

Zur Erzielung von Betriebssicherheit ist eine selbstthätige Regelung der Geschwindigkeit in der Weise ausgeführt, dass die leere Fahrzelle mit derselben Geschwindigkeit steigt und sinkt, wie die vollbelastete und eine weitere in der Art, dass Anlauf und Endlauf nicht der Willkür des Führers überlassen sind, sondern sich gesetzmässig vollziehen. Diese Regelungsvorrichtungen setzen den überschüssigen Teil der Energie bei leerer Zelle durch Wasserdrosselung in Wärme um. Da eine anderweitige Regelung der Triebkraft und der Geschwindigkeit bei hydraulischem Betrieb in einfacher Weise nicht möglich ist, so entstehen naturgemäss beträchtliche Energieverluste jedesmal dann, wenn die Fahrzelle nicht voll belastet ist. Das Belastungsdiagramm — Fig. 5 — lässt den Einfluss dieser Energieverluste im Vergleich zu den durch Reibungs- und Gewichtswiderstände hervorgerufenen deutlich erkennen. Die nutzbare Energie bei Heben der vollbelasteten Zelle beträgt rund 200 Pferdestärken, die Gesamtenergie rund 500 Pferdestärken.

Als drittes Beispiel ist eine Hebemaschine aus dem Hafenverkehr genommen. Der Umschlag vom Seeschiff auf Eisenbahnwagen und

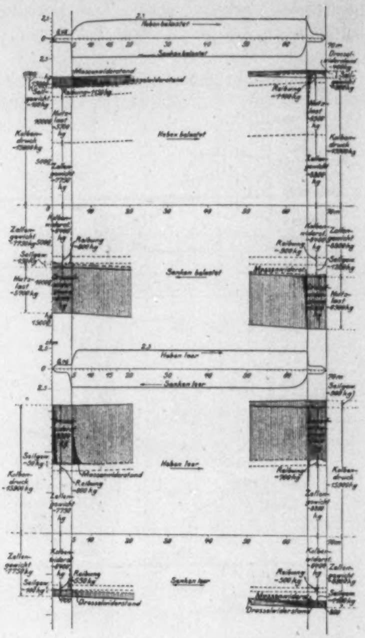


Fig. 5.

auf Binnenschiff vollzieht sich in sehr verschiedenartigen Formen, je nach Art des Umschlaggutes und der Umschlagrichtung. Einen Sonderfall bildet die Umladung von Kohlen. Für die Entladung von Kohle aus Seeschiffen sind zwei Arbeitsmethoden verwendbar: Kräne mit Selbstgreifer und Becherwerke, letztere aber nur dann, wenn Nusskohle entladen wird. Für den umgekehrten Fall — die Umladung von Kohle aus Eisenbahnwagen in Seeschiffe — sind, wenn nicht besondere örtliche Verhältnisse vorliegen, dieselben Hebemaschinen verwendbar. Hier kommt aber noch eine dritte Arbeitsmethode hinzu, die hinsichtlich der Anlagekosten der dazu erforderlichen Maschinenanlage die weitaus ungünstigste, hinsichtlich der Ersparnis an Menschenkraft und hinsichtlich Leistungsfähigkeit aber die weitaus günstigste Methode ist. Sie besteht einfach darin, dass der zu entladende Eisenbahnwagen neben dem Seeschiff bis über Deck desselben gehoben und dann gekippt wird, so dass die Kohle durch die geöffnete Stirnwand des Wagens in eine Schüttrinne gleiten kann, welche die Kohle durch die Luken in den Schiffsraum fallen lässt.

Die Hebung des Eisenbahnwagens wäre

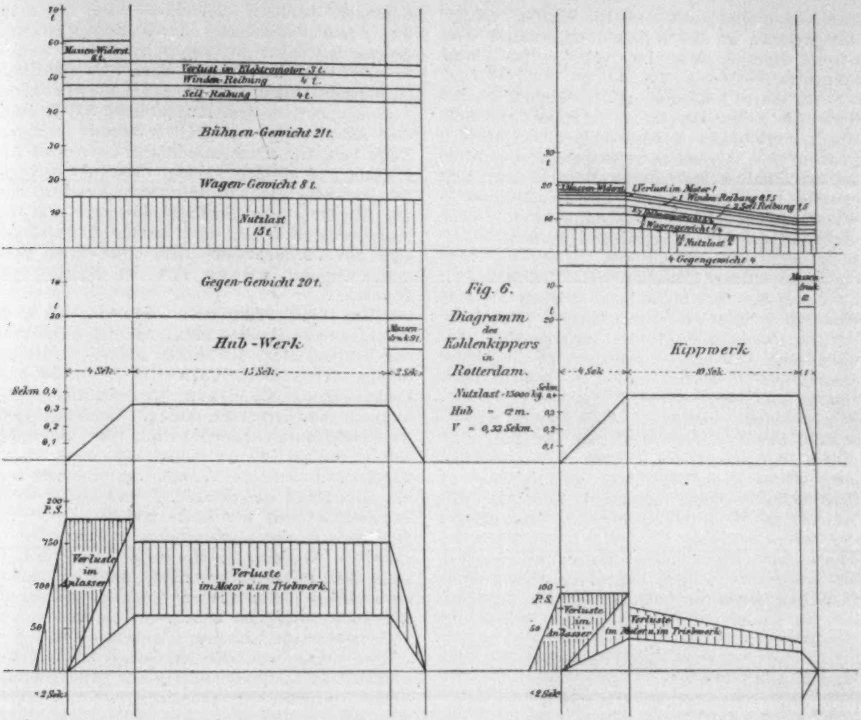


Fig. 6.

entbehrlich, wenn der Wasserstand von Ebbe und Flut nicht verändert würde, wenn das Schiff in beladenem und leerem Zustand gleichen Tiefgang hielte, und wenn alle Schiffe gleiche Freibordhöhe hätten. Dieser Fall kommt aber nur bei Beladung von Binnenschiffen vor, dort genügt ein einfaches Kippwerk. Die Notwendigkeit einer vorherigen Hebung mit nachfolgender Kippung macht naturgemäss die Maschinenanlage wesentlicher verwickelter und umfangreicher.

Für die Untersuchung der Energieverteilung ist der in Rotterdam im Jahre 1901 aufgestellte neue Kohlenkipper mit elektrischem Betrieb als Beispiel zu Grunde gelegt, der vom Eisenwerk (vorm. Nagel & Kaemp) A.-G. in Hamburg erbaut worden ist. Die Nutzlast ist auf 15 Tonnen bemessen, die Hubhöhe auf 12 Meter als Höchstwert und die Hubgeschwindigkeit auf 0,33 Sekundenmeter.

Bei dem Hubwerk treten ausser der Nutzlast als Widerstände auf: das Eigengewicht des Wagens, das Eigengewicht der Bühne und die Reibung in den Führungen der Bühne und die in den Seilrollen. Die Eigengewichte werden ausgeglichen durch Gegengewichte, während sich die Massenwiderstände der Totlasten und der Gegengewichte summieren. Zur Verfolgung des gesamten Weges, den die Energie von den Eintrittsklemmen bis zur Nutzlast zurücklegt, sind noch die Reibungswiderstände und die Massenwiderstände des Windentriebwerkes und die Verluste im Elektromotor und im Anlasser in das Belastungsdiagramm eingetragen. Die Verluste im Elektromotor selbst sind gering, die Verluste im Anlasser dagegen beträchtlich; zur Steigerung der letzteren trägt hauptsächlich die Ankermasse bei, die den weitaus grössten Teil des gesamten Massenwiderstandes hervorruft. Ein weiterer Verlust im Anlasser entsteht durch die Vorkontakte, die den Zweck haben, den Spannungssprung beim Einschalten zu vermindern; diese Vorkontakte haben zur Folge, dass die Bewegung der Maschine erst etwa

zwei Sekunden nach dem Einschalten erfolgt; die gesamte in dieser Zeit durchgeführte elektrische Energie wird im Anlasser in Wärme umgesetzt.

Aus dieser Beobachtung ist deutlich erkennbar, dass die Verluste im Anlasser von elektrisch betriebenen Hebemaschinen beträchtlich grösser sind, als sie zumeist geschätzt werden; es wird daher elektrischer Betrieb von sehr grossen Hebemaschinen — Fördermaschine — wirtschaftliche Erfolge nur dann haben, wenn diese Anlassverluste vermieden werden.

Diese kleine Umschau zeigt, wieweit wir noch bei manchen Maschinenbetrieben von dem einen der darin gesteckten Ziele — Erhaltung der nutzbaren Energie — entfernt sind, wie viele und schwierige Aufgaben der Ingenieur noch vor sich liegen sieht. Bei Inangriffnahme solcher Aufgaben ist aber eines nicht zu vergessen: nicht einseitige Lösung eines wissenschaftlichen Problems darf das Ziel des Technikers sein; denn die technische Wissenschaft darf ebensowenig wie die medizinische um ihrer selbst willen betrieben werden. Wie letztere das Wohl des Kranken, so muss erstere den wirtschaftlichen Erfolg, d. h. die Verbesserung der menschlichen Daseinsbedingungen, als Endziel vor Augen haben. In diesem Sinne betrieben, ist die Ingenieurkunst wert, dass man ihr die ganze Lebenskraft widmet, eingedenk des Wortes:

„Wer immer strebend sich bemüht, den können wir erlösen."

(Selbstreferat des Vortragenden.)

(Eingegangen 7. Oktober 1901.)

H. Geitel (Wolfenbüttel), Über die durch atmosphärische Luft induzierte Radioaktivität.[1])

Die Erscheinungen, welche den Gegenstand der folgenden Mitteilung bilden, sind von Elster und mir bei Untersuchungen über Elektrizitätszerstreuung in der Luft bemerkt worden.[2]) Man kann diesen altbekannten Vorgang, den allmählichen Elektrizitätsverlust eines geladenen Körpers, der der Luft ausgesetzt ist, wie wir glauben, in widerspruchsloser Weise nur dadurch auffassen, dass man der natürlichen Luft ein wahres — wenn auch sehr kleines — Leitvermögen zuschreibt, d. h. einen gewissen Gehalt an freien Elektronen, die sich, wenn durch irgend welche Einflüsse entfernt, pro Zeit und Volumeinheit in bestimmtem Masse regenerieren. Der normale Zustand der Luft wäre demnach qualitativ derselben Art, wie man ihn durch Bestrahlung durch Röntgen- oder Becquerelstrahlen in ungleich stärker ausgeprägter Weise hervorrufen kann. Da die Elektrizitätszerstreuung in grösseren begrenzten Luftmengen von dem Augenblicke an, in dem die Absperrung erfolgte, während mehrerer Tage langsam einem maximalen Grenzwert zustrebte, und es nicht gelang, dieses Anwachsen der Leitfähigkeit auf bekannte Ursachen, wie die Abnahme des Staubgehaltes der Luft, in ausreichender Weise zurückzuführen, so stellte sich der Verdacht ein, dass radioaktive Vorgänge irgend welcher Art im Spiele sein könnten.

Eine Spur radioaktiver Substanz in dem geschlossenen Raume hätte nämlich gerade in der beobachteten Art wirken müssen und zwar infolge der von E. Rutherford, Curie und Debierne sowie Dorn untersuchten sogenannten induzierten Strahlung. Zunächst wird die Luft durch Kontakt mit der Substanz selbst radioaktiv und überträgt dann diese Eigenschaft auf die Wände des Raumes bis ein Grenzwert der Strahlung und daher auch der Leitfähigkeit der Luft erreicht wird. So fanden z. B. die Curies, dass in ihrem Laboratorium, in dem die Radiumpräparate hergestellt und aufbewahrt werden, die Luft innerhalb jedes geschlossenen Gefässes eine weit höhere Leitfähigkeit erhält, als die von selbst sich erneuernde Luft des Zimmers.

Ob der Prozess der Erhöhung des Leitvermögens der Luft wirklich in der geschilderten Weise verläuft, ist allerdings bei der noch mangelhaften Kenntnis der radioaktiven Vorgänge keineswegs sicher.

Natürlich hatten wir Uran oder Radiumpräparate bei unseren Versuchen peinlichst ferngehalten, von den bekannten aktiven Substanzen konnte allein das Thorium in Frage kommen, das bei der allgemeinen Verbreitung des Auerschen Glühlichtes vielleicht in der Gestalt von minimalen Spuren Thorerdestaub in den Versuchsraum hineingelangt sein konnte. So unwahrscheinlich die Annahme auch war, so schwierig erschien ihre Widerlegung, da mechanische und chemische Reinigungsmittel sicher nicht für ausreichend erachtet werden konnten. Die Entscheidung war auf ganz unabhängigem Wege herbeizuführen.

Wenn Luft allein dadurch, dass sie abgeschlossen von der Atmosphäre sich selbst überlassen bleibt, auch ohne Gegenwart der bekannten radioaktiven Stoffe ihr Leitvermögen bis zu einem Maximalwerte allmählich steigert, so muss dieser in den fast gar nicht ventilierten Räumen unterirdischer Höhlen längst erreicht sein. Bei einem Besuche der Baumannshöhle im Harze im April d. J. konnten wir in der That

1) Abteilung 2, 26. September 1901.

2) Vergl. darüber unsere Veröffentlichungen in der Phys. Zeitschrift **2**, 560 und 590, 1901.

die ganz abnorme Leitfähigkeit der Höhlenluft feststellen, die etwa das Zehnfache der normalen betrug. Spätere Messungen in Kellerräumen, die lange Zeit nicht gelüftet waren, sowie in anderen natürlichen Höhlen haben diese Erfahrung durchaus bestätigt.

War hiermit erwiesen, dass stagnierende staubfreie Luftmassen von selbst eine erhöhte Produktivität an Ionen annehmen, so ergab sich als nächstliegender Gedanke der oben genannte, dass eine gewisse, bisher unbekannte Radioaktivität entweder in der Luft selbst oder den einschliessenden Wänden vorhanden sein könnte. Da es nicht angeht, ein Gas ohne Anwendung eines Gefässes zu begrenzen, so lässt sich der Sitz der Radioaktivität nur indirekt bestimmen. Versuche an kleinen unter einer Glasglocke abgeschlossenen Luftmengen, in die fremde, nicht zu den bekannten aktiven zählende Substanzen eingebracht wurden, haben einen unzweideutigen Einfluss ihrer Gegenwart auf den Grenzwert des Leitvermögens nicht erkennen lassen. Beobachtungen in Kellern, deren Wände aus verschiedenartigem Gestein (Kalk oder Grauwacke) bestanden, ergaben das übereinstimmende Resultat, dass die Zerstreuung in der Kellerluft stets grösser als in der äusseren ist, eine quantitative Übereinstimmung fand nicht statt und ist auch nicht zu erwarten, da es neben der Grösse des Raumes vor allem auf das Fernhalten der Aussenluft ankommt, und hierbei natürlich die Beschaffenheit des Gebäudes den Ausschlag giebt. Ohne den Wert dieser noch unzulänglichen Erfahrungen zu überschätzen, durfte man doch den Schluss ziehen, dass, wenn eine Art von Radioaktivität bei der in Rede stehenden Erscheinung beteiligt sein sollte, sie mit einiger Wahrscheinlichkeit der Luft selbst zuzuschreiben wäre.

Gesetzt nun, diese Annahme träfe zu, so müsste die natürliche Luft, gleich der durch Radium oder Thorium künstlich aktivierten, beliebigen Substanzen durch blosse Berührung eine induzierte Strahlung mitteilen. Bei dem gewaltigen Abstande zwischen der natürlichen Leitfähigkeit der Luft und der durch die genannten Stoffe künstlich gesteigerten wäre von vornherein nur eine unmessbar kleine Wirkung zu erwarten gewesen, wenn es nicht ein Mittel gäbe, dass wir Rutherford verdanken und welches eine bedeutende Vergrösserung der induzierten Aktivität herbeiführt. Dies besteht darin, dass man den Körper, den man der Radium- oder Thoriumluft aussetzt, dabei auf negativem Potentialniveau erhält. Indem jetzt die positiven Elektronen gegen seine Oberfläche heranfliegen, lassen sie auf dieser eine Schicht von gesteigerter Radioaktivität zurück, die sich durch ihre Eigenschaft, die Luft leitend zu machen und durch ihre photographischen Wirkungen zu erkennen giebt; sie verschwindet nach einiger Zeit von selbst. Wir wendeten diese Methode auf die freie atmosphärische Luft an. Bei den ersten Versuchen wurde ein weiter Cylinder aus engmaschigem Messingdrahtnetz, der sich bequem über den von uns konstruierten Zerstreuungsapparat setzen liess, vom Giebel des Hauses an einem isolierenden Haken ins Freie hinausgehängt und mehrere Stunden lang mittels einer Akkumulatorenbatterie auf etwa —400 Volt geladen gehalten. Wurde er dann hereingeholt und unter einer geräumigen Glasglocke über den Zerstreuungsapparat gesetzt, so zeigte dieser in der That eine kleine Zunahme der Leitfähigkeit der Luft (um etwa $^1/_4$ des Gesamtbetrages) an, die bei vorhergegangener positiver Ladung des Cylinders ausblieb. Das Ergebnis ermutigte zu weiteren Untersuchungen. Wir ersetzten die Akkumulatorenbatterie durch eine mit der Wasserleitung zu betreibende Wasserinfluenzmaschine, die eine Funkenschlagweite von 1—2 mm gab. So erzielten wir bei dreistündiger Exposition des Cylinders mit negativer Ladung eine Zunahme der Leitfähigkeit der Luft unter der Glasglocke bis auf das Sechsfache. Die Erscheinung erwies sich als im wesentlichen von der Natur des geladenen Körpers unabhängig, wir haben sie mit Drähten aus Kupfer, Messing, verzinktem Eisen, mit Magnesiumband, Kupferblech, Papier, Leinwand, Hanfschnüren und Pflanzenblättern gleichmässig erhalten. Ebenso wie Rutherford bei der durch Thorium induzierten Strahlung fand, bleibt auch hier die Aktivität einige Stunden bestehen. Durch Erhitzen des aktivierten Metalles unmittelbar nach der Exposition lässt sie sich merkwürdigerweise, aber ebenfalls in Übereinstimmung mit Rutherfords Erfahrung, nicht vernichten, dagegen kann man von Kupferdrähten die wirksame Oberflächenschicht mit Watte oder Leder abreiben, die mit Salzsäure oder Ammoniakflüssigkeit befeuchtet sind. Das Putzmaterial wird dann selbst aktiv, es erträgt — abgesehen von der Abnahme der Wirkung in der Zeit — eine Erhitzung bis zur Verflüchtigung des überschüssigen Ammoniaks und der Säure, ja sogar eine völlige Verkohlung. Hierdurch wird es möglich, die aktive Substanz auf kleinem Raume zu konzentrieren und auf ihre photographische Wirksamkeit zu prüfen. Um eine genügende Menge zu sammeln, spannten wir im Freien an isolierenden Haken etwa 30 m Kupferdraht aus, der durch die Wasserinfluenzmaschine — oder einen kleinen Rhumkorff, unter Einschaltung einer Funkenstrecke — dauernd negativ geladen blieb. Alle 5 Stunden wurde der Draht mit einem Stück Leder abgerieben, das mit Ammoniak

benetzt war. Hierauf wurde das Leder zur Vertreibung des Ammoniaks scharf erhitzt und wie ein Uranpräparat zur Herstellung von photographischen Bildern von Blei- oder Kupferschablonen durch Aluminiumblech oder Folie hindurch verwendet. Da nach etwa 5 Stunden die Aktivität der abgeriebenen Substanz fast erloschen ist, so wurde ein neu präpariertes Leder aufgelegt und das Verfahren etwa fünfmal wiederholt. Auf diese Weise lassen sich photographische Bilder herstellen, die sich in nichts von den mittels Uranpräparaten erhaltenen unterscheiden. (An einem etwa 60 m langen Kupferdrahte, der einige Stunden durch einen kleinen Rhumkorff auf dem Dache des Gebäudes des Staatslaboratoriums negativ geladen gewesen war, wurde die induzierte Aktivität mittels des Zerstreuungsapparates demonstriert, ferner wurden Photographien vorgeführt, die auf die soeben beschriebene Weise erhalten waren. Siehe Fig. 1 und 2.)

Es war vorauszusehen, dass in Kellerräumen bei der hohen Leitfähigkeit der abgeschlossenen Luft auch die Aktivierung negativ geladener Drähte besonders kräftig ausfallen würde. Die Erwartung hat sich bestätigt. Als wir einen Kupferdraht von etwa 40 m Länge eine Zeit von 8 Stunden lang in den weiten Kellerräumen des Landesarchives in Wolfenbüttel, die mehrere Monate geschlossen gehalten waren, mittels eines kleinen Induktoriums negativ geladen hatten, war die von ihm abgeriebene Substanz so stark aktiv, dass der benutzte Lederlappen nach Verjagung des Ammoniaks anfangs eine Phosphoreszenz am Baryumplatincyanürschirm gab, die dem völlig ausgeruhten Auge direkt wahrnehmbar war. Es kann hiernach wohl kein Zweifel daran bestehen, dass die verschiedenartigen mit negativer Ladung der Luft ausgesetzten Substanzen eine wahre induzierte Radioaktivität annahmen. Da die Erdoberfläche, abgesehen von kurzen Zeiträumen, während des Falles von Niederschlägen meist negativ geladen ist und diese normale Erdelektrizität sich in besonders grosser Dichtigkeit auf allen leitenden Hervorragungen ansammelt, so werden diese allein durch Kontakt mit der Luft eine gewisse Radioaktivität annehmen und dauernd behalten müssen, so lange sie an ihrem Platze bleiben. Wir konnten

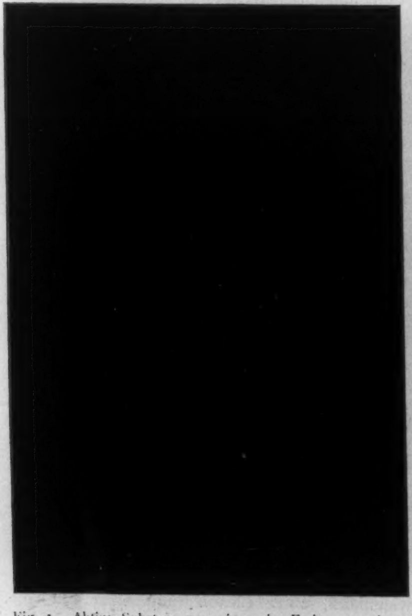


Fig. 1. Aktive Substanz von einem im Freien exponierten Kupferdrahte abgerieben, fünfmal erneuert; Kupferschablone mit untergelegter dreifacher Aluminiumfolie. 3. September 1901.

Fig. 2. Aktive Substanz von einem im Keller exponierten Kupferdrahte abgerieben, siebenmal erneuert; Bleischablone mit untergelegtem Aluminiumblech von $^1/_{10}$ mm Dicke. 15. September 1901.

diese, allein durch die natürliche Erdelektrizität bewirkte Aktivierung leicht an dem Ende einer Drachenschnur nachweisen, die mehrere Stunden lang in die Luft emporgetragen war. Dieser Versuch ist insofern von Bedeutung, als er die aktivierende Wirkung der Luft in einiger Höhe über der Erdoberfläche und fern von der Nachbarschaft anderer Körper zeigt. Bemerkenswerterweise ist die beschriebene Erscheinung bis jetzt nur als eine Nachwirkung der Zerstreuung der negativen Elektrizität erhalten worden, sie kann, wie es scheint, nicht durch andere Entladungsformen, wie etwa durch positive Büschel, die eine Kathode treffen, an dieser hervorgerufen werden.

Ferner erfordert sie grosse Luftvolumina von mindestens einigen Kubikmetern. In kleineren Räumen wird sie undeutlich und verschwindet schliesslich ganz. Der Grund liegt wohl darin, dass die Aktivierung schon während der Dauer der Exposition zu verschwinden beginnt, so dass ein merkliches Endresultat nur dann erwartet werden kann, wenn die den exponierten Körper in der Zeiteinheit treffende Zahl von positiven Elektronen — die mit der Grösse des Luftvolumens wächst — mehr als ausreichend ist, um jenen Verlust zu decken.

Überblicken wir noch einmal die Schlüsse, die sich aus der Art, wie die Aktivität zu stande kommt, auf ihre Herkunft ziehen lassen.

Es liegen nach dem jetzigen Stande unserer Erfahrungen über Radioaktivität drei Möglichkeiten vor: Es könnten 1. die exponierten Substanzen selbst, 2. solche, die sich in ihrer Nähe befanden, 3. die umgebende Luft ursprünglich radioaktive Eigenschaften haben. Was die erste Möglichkeit anlangt, so ist sie zwar, wie bereits bemerkt wurde, schon wegen der denkbaren Infektion durch Thorerde für die Drähte und sonstigen künstlichen Produkte nicht absolut zu verneinen; bei den Pflanzenblättern, die im Freien, wo sie gewachsen waren, auch sofort exponiert wurden, kann eine Verunreinigung durch Thorerdestaub wohl ernstlich nicht in Betracht gezogen werden. Allerdings mussten auch diese während der Exposition an Metalldrähten aufgehängt werden. Da ferner alle dem Versuche unterworfenen Substanzen, gleichgültig welcher Art, aktiv werden, so müsste für alle unterschiedslos eine gewisse ursprüngliche Radioaktivität angenommen werden, die an sich nicht direkt wahrnehmbar wäre, sondern sich erst durch die von ihr abgeleitete induzierte Strahlung verriete. Es wäre dann aber nicht verständlich, wie die Grösse des verfügbaren Luftraumes von so bedeutendem Einflusse sein kann und warum die Aktivierung am besten in der Kellerluft gelingt.

Ebenso ist auch die zweite Möglichkeit, die Aktivierung durch benachbarte Substanzen, schon in Rücksicht auf den Versuch mit der Drachenschnur unhaltbar, es müsste denn sein, dass man den ganzen Erdkörper als Quelle der Strahlen betrachten wollte. Abgesehen von diesem vorderhand noch fernliegenden Gedanken, der indess eine weitere Verfolgung verdient, bleibt daher als die vorläufig wahrscheinlichste Annahme die einer gewissen der Luft selbst eigentümlichen Radioaktivität, die übrigens aufs beste mit ihrer Eigenschaft übereinstimmt, ihren Ionengehalt von selbst zu regenerieren. Sehr erwünscht wäre eine Wiederholung dieser Versuche unter verschiedenen atmosphärischen Bedingungen, es scheint die induzierte Radioaktivität auch in der Art mit der Elektrizitätszerstreuung eng verbunden zu sein, dass sie wie diese durch Nebel und Rauch stark beeinträchtigt wird.

Leider ist es ein allerdings in der Natur der Sache gelegener Übelstand, dass diese Untersuchungen grosse Räume erfordern. Aus diesem Grunde werden Versuche mit anderen chemisch reinen Gasen nicht geringen Schwierigkeiten begegnen, während sie andererseits das geeignetste Mittel zur Entscheidung der Frage sein würden, ob die aktivierende Wirkung allein der atmosphärischen Luft zukommt.

(Selbstreferat des Vortragenden.)

Diskussion.

Neesen (Berlin): Ich will nur fragen, ob ein Metall, nachdem ihm seine radioaktive Eigenschaft genommen ist, dieses Metall doch wieder in den wirksamen Zustand versetzt werden kann. Damit würde aber gesagt sein, dass diese Verunreinigung nicht von einer vorherigen Verunreinigung durch Thor kommen könnte.

Geitel: Ich fasse die Frage so auf, ob ein Metall, wenn die induzierte radioaktive Schicht abgerieben ist, wieder radioaktiv werden kann. Dies ist in der That der Fall, daher kann die Aktivierung schwerlich von oberflächlich anhaftender Thorerde herrühren.

(Eingegangen 8. Oktober 1901.)

R. Wachsmuth (Rostock), Die innere Wärmeleitung in Flüssigkeiten.

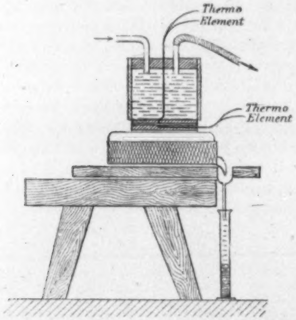
Es wird eine neue Bestimmungsmethode angegeben, welche gestattet, gleichzeitig die elektrische Leitfähigkeit zu messen.

Wird der Zustand der Wärmeströmung stationär, so fliesst zwischen zwei parallelen Kupferplatten durch eine zu untersuchende Flüssigkeitslamelle ein konstanter Wärmestrom von W_T Kalorien. Ist der Querschnitt q, die Dicke der Lamelle d und die Temperatur an

den Grenzen t_1 resp. t_2, so ergiebt sich der Koeffizient k der inneren Wärmeleitung als:

$$K = \frac{W_q}{t_1 - t_2} \cdot \frac{d}{q}.$$

Nimmt man für die Erwärmung der oberen Kupferplatte einen Strom von warmem Wasser und stellt die untere Platte auf einen Eisklotz (vgl. Figur), so wird der Wärmestrom einen Teil des Eises zum Schmelzen bringen. Fängt man also das Schmelzwasser in einem Messcylinder auf und beobachtet von Minute zu Minute, zählt die bei freiem Schmelzen ablaufende Menge ab, so hat man als Differenz das Äquivalent für den Wärmestrom.



Das Plattensystem wird aufgehängt, um den Überdruck auf das Eis zu kompensieren.

Durch je einen Draht der zur Temperaturmessung angebrachten Thermoelemente erfolgt gleichzeitig die Widerstandsbestimmung.

(Eingegangen 27. September 1901.)

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1901/02.

Akademie zu Münster i./W.

Nachzutragen:

M. Reinganum: Elektrische Wellen, 1; Grundzüge der kinetischen Theorie der Gase, 1.

Universität Erlangen.

Nachzutragen:

A. Wehnelt: Über optische Messmethoden und Messinstrumente, 1.

Briefkasten.

An die Redaktion der Physikalischen Zeitschrift.

Pavillon de Breteuil, Sèvres le 29. Oktober 1901.

In dem ursprünglichen Texte des Vortrages „Über das Leben der Materie", von dem Sie eine so vortreffliche Übersetzung in Ihrer Zeitschrift gebracht haben, habe ich bedauerlicherweise bei Gelegenheit der Elektrolyse des Glases den Namen von Prof. Warburg vergessen. Ich hatte das schon bemerkt und mich beeilt, das Versehen in einem Widerdruck, der in dem Bulletin de la Société astronomique de France, November 1900 erschienen ist, wieder gut zu machen. Ich bedauere das Versehen des Originaltextes umsomehr, als dieser schöne und geradezu klassische Versuch in den letzten Jahren oft erwähnt worden ist, ohne dass sein Autor genannt wurde, und weil sich geradezu eine Legende gebildet zu haben scheint, die ihn anderen Physikern zuschreibt.

Das so interessante, von Herrn Warburg im Jahre 1884 erhaltene Resultat scheint damals nicht die Beachtung gefunden zu haben, welche es verdient hätte. Zu jener Zeit war die Anschauung des kontinuierlichen Überganges zwischen dem flüssigen und dem festen Zustande noch keineswegs allgemein verbreitet; aber sie hat seitdem an Boden gewonnen und es ist sicher, dass der Nachweis der Elektrolyse des Glases mit den damit zusammenhängenden Erscheinungen viel dazu beigetragen hat, diese Anschauung auszugestalten und auszubreiten.

Ich würde mich sehr freuen, wenn das Versehen, welches mir, entgegen meiner Absicht, untergelaufen ist, dazu beitragen könnte, den Ursprung dieses schönen Versuchs durch eine nachträgliche Berichtigung ins Gedächtnis zurückzurufen.

Ch. Ed. Guillaume.

(Aus dem Französischen übersetzt von H. Th. Simon.)

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Vor kurzem starb in St. Petersburg der Professor der Chemie und Biologie Dr. Marcel Nencki von der Universität Bern, 54 Jahre alt.

An der Universität Gent wurde der Privatdozent der Mathematik Fagnart zum ausserordentlichen Professor ernannt.

An der Akademie zu Münster i./W. hat sich Dr. M. Reinganum aus Frankfurt a/M. für Physik habilitiert.

An der Technischen Hochschule in Stuttgart ist ein neuer Lehrstuhl für Elektrotechnik errichtet worden, der dem Ingenieur Emil Veesenmeyer in Berlin übertragen worden ist. Der bisherige Professor Oberbaurat Dr. W. Dietrich liest über elektrische Beleuchtung, elektrotechnische Messkunde II und hält das elektrotechnische Laboratorium ab; der neue Professor E. Veesenmeyer liest über Elektrotechnik, Gleichstromerzeuger im Wechsel mit Wechselstromerzeuger und Umformer, elektrische Arbeitsübertragung im Wechsel mit elektrischen Bahnen.

Der Privatdozent der Mathematik Dr. G. Kowalewski in Leipzig wurde als ausserordentlicher Professor nach Greifswald berufen.

Am 26. Oktober 1901 verstarb der ausserordentliche Professor an der Berliner Universität, der Physiker Arthur König.

Der jetzt in Potsdam lebende ordentliche Professor der Astronomie an der Universität Breslau und frühere — bis 1897 — Direktor der dortigen Sternwarte, Geh. Reg.-Rat Dr. Gottfried Galle, der Auffinder des Planeten Neptun, hat sein fünfzigjähriges Jubiläum als Breslauer Universitätsprofessor gefeiert. Der Gelehrte steht im 90. Lebensjahre.

Der Assistent an der agrikultur-chemischen Versuchsstation in Marburg Dr. Karl Schulze wurde zum Lehrer für Naturwissenschaften an der Wein- und Obstbauschule in Oppenheim ernannt.

Ingenieur Josef Virag, der Erfinder des Viragschen Schnelltelegraphen, ist, erst 32 Jahre alt, in Ofen-Pest im grössten Elend gestorben.

Berichtigungen.

In der Arbeit des Herrn C. Shedd, Über die Formen der von dem Michelsonschen Interferometer gelieferten Kurven 3, 47, 1901, sind wegen Ausbleibens einer Korrektur einige Druckfehler stehen geblieben:

Seite 47, Spalte I, Zeile 2 v. u. ist statt „S" S zu setzen. Seite 48, Spalte I, Formel 5) muss es im zweiten Gliede der rechten Seite statt „φ" $tg\varphi$ heissen; Formel 6) und in der folgenden Zeile statt „t" A. Ebenso ist in Formel 13 und der darauffolgenden, sowie in Formel 18 und der darauffolgenden „t" durch A zu ersetzen.

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.